ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN

HERAUSGEGEBEN IM PREUSSISCHEN FINANZMINISTERIUM

SCHRIFTLEITER: INGENIEURBAU RICHARD BERGIUS · HOCHBAU Dr.-Ing. GUSTAV LAMPMANN

79. JAHRGANG | BERLIN, JULI 1929 | HEFT 7

Polizeibauten.

Von Ministerialrat Dammeier.

I. Einleitung.

In Heft 1 und 2 des Jahrgangs 1928 dieses Blattes wurden die neuen Unterkünfte für die Schutzpolizei behandelt. In der damals vorausgeschickten Einleitung, auf die hier Bezug genommen wird, war über Entstehung und Aufbau der jetzigen Polizei das Nötige gesagt worden. Es folge jetzt eine Darstellung der von der preußischen Bauverwaltung in den Jahren 1923 bis 1928 errichteten neuen Polizeidienstgebäude. Sie sind zur Aufnahme der Verwaltungspolizei einschl. der Kriminalpolizei und des Kommandos der Schutzpolizei bestimmt und tragen je nach ihrer Größe und der Art ihrer Eingliederung in den Polizeiorganismus die Bezeichnung „Polizeiamt", „Polizeidirektion" oder „Polizeipräsidium". Die Polizeiämter sind stets einem Polizeipräsidium unterstellt, Polizeidirektionen nicht.

Den Anlaß zur Errichtung einer größeren Zahl solcher Neubauten gab die nach dem Kriege in verstärktem Maße wiederaufgenommene Verstaatlichung kommunaler Polizeiverwaltungen in den Hauptindustriegebieten. Seit dem Polizeikostengesetz von 1924 waren die Gemeinden zwar verpflichtet, die bisher von der kommunalen Polizei innegehabten Räumlichkeiten dem Staate gegen angemessene Entschädigung zu überlassen, doch hätte die Anwendung dieser Bestimmung in den hier in Rede stehenden Fällen keine befriedigende und dauernde Lösung der Unterbringungsfrage gebracht. Es erwies sich nämlich oft, daß die bisherigen polizeilich genutzten Räume, die schon für die Bedürfnisse der Kommunen mehr oder minder unzureichend oder auf mehrere Gebäude verteilt waren, für eine Polizeiverwaltung mit wesentlich erweitertem Aufgabenkreise nicht entfernt ausreichten. Dazu kam häufig, daß die Gemeinden erklärten, diese alten Räume für die unbedingt nötige Unterbringung anderer eigener Geschäftszweige dringend zu gebrauchen. In solchen Fällen kamen die Städte bei der Wahl der Bauplätze dem Fiskus entgegen, indem sie polizeitaktisch und städtebaulich geeignete Plätze umsonst oder zu mäßigem Preise zur Verfügung stellten.

In den städtebaulichen Fragen haben die staatlichen und städtischen Dienststellen fast stets von Anfang an zum Nutzen der Sache Hand in Hand gearbeitet, so daß etwaigen besonderen Wünschen der staatlichen Bauverwaltung, z. B. wegen Aenderung bestehender Fluchtlinien, meist bereitwillig entsprochen wurde.

II. Raumprogramm.

Die Programme für die einzelnen hier behandelten Bauausführungen wurden seinerzeit von Fall zu Fall nach dem jeweiligen Bedürfnis vom Ministerium des Innern aufgestellt. Im Laufe der Zeit erwies es sich als zweckmäßig, die Raumbedürfnisse zusammenfassend darzustellen, um für künftige Bauten eine feste, gleichmäßige Grundlage zu haben. Dies ist inzwischen geschehen durch die vom Ministerium des Innern herausgegebene ausführliche „Raumbedarfsordnung für die staatliche Polizei Preußens" (Raum-BO.) von 1928. Wenn nun auch die in diesem Aufsatz behandelten Dienstgebäude aus den Jahren 1923 bis 1928 noch nicht in allen Fällen der jetzt geltenden Raum-BO. entsprechen, so stehen sie doch in der Hauptsache mit ihr in Einklang.

Das Raumprogramm für Polizeidienstgebäude entspricht naturgemäß der dienstlichen Gliederung des Betriebes. Der Bedarf ist verschieden, je nachdem es sich um ein Polizeiamt, eine Polizeidirektion oder ein Polizeipräsidium handelt. Im allgemeinen aber sind bei allen Polizeidienstgebäuden Räume unterzubringen für:

1. den leitenden Beamten und seinen Vertreter,
2. die verschiedenen Zweige der Polizeiverwaltung (Hauptgeschäftsstelle, Verwaltungsstelle, Sicherheitspolizei, politische Polizei, Fremdenpolizei, Verkehrspolizei, gewisse Zweige der Feuer- und Gewerbepolizei usw.),
3. die Kasse,
4. das Meldeamt,
5. das Kommando der Schutzpolizei,
6. die Kriminalpolizei,
7. das Polizeigefängnis,
8. Wohnungen.

Ferner sind unterzubringen:

9. Pförtner, Hauswache, Sitzungszimmer, Unterrichtsräume, Fernsprechzentrale, Funkbetrieb, Fahrbereitschaft, Fahrräder u. dgl.

Räume für die Sittenkontrolle werden nicht mehr verlangt, da diese Tätigkeit jetzt der Fürsorge der Gemeinden überlassen ist.

Die folgende nähere Behandlung der einzelnen Programmpunkte schließt sich an die Vorschriften der neuen Raum-BO. an, greift die für die Planung von Polizeidienstgebäuden wesentlichen Punkte heraus, findet die zugehörige bildliche Erläuterung in den später aufgeführten Beispielen und soll bei deren Einzelbesprechung Wiederholungen entbehrlich machen. Demgemäß sei folgendes bemerkt:

Zu 1: Der Leiter der Dienststelle (Regierungsrat, Polizeidirektor, Polizeipräsident) erhält sein Dienstzimmer in der Regel im ersten Stock, etwa im Anschluß an seine Wohnung und nahe dem Sitzungszimmer.

Zu 2: Die gewöhnlichen Geschäftsräume. Die Raumbedarfsordnung gibt im einzelnen an, für welche Beamten zweifenstrige und für welche einfenstrige Einzelzimmer zuständig sind. Für die Verteilung der verschiedenen Verwaltungsabteilungen auf die einzelnen Stockwerke gilt im allgemeinen der Grundsatz, daß die mit dem Publikum häufiger verkehrenden Dienststellen in die unteren Geschosse und möglichst leicht auffindbar zu legen sind. Im übrigen entscheidet hierüber wie üblich die nutzende Behörde. Die Wände der Dienstzimmer wurden je nach den verfügbaren Mitteln und der Trockenheit und Putzart der Wände mit Leimfarbe gestrichen oder tapeziert, beides mit oder ohne Makulaturunterlage.

Zu 3: Die Kasse besteht bei der Mehrzahl der Polizeidienstgebäude, wo Kassen- und Buchführung in der Hand nur zweier Beamten zu liegen pflegt, aus einem zweifenstrigen Raum mit Schranke für das Publikum.

Geldschrank zweckmäßig eingemauert, gegebenenfalls mit elektrischer Alarmvorrichtung zur Wache. Die Kasse muß für das Publikum leicht erreichbar sein, möglichst in der Nähe der Wache liegen und besonders gesicherte Fenster und Türen erhalten.

Zu 4: Das Meldeamt liegt durchgängig im Erdgeschoß und zwar in der Regel am Ende des Haupttraktes, dort die ganze Tiefe unter Einbeziehung des Mittelflures einnehmend. Es ist ein großer, gemeinsamer Raum, durch Schränke oder Regale an den Fensterpfeilern in Abteile für die einzelnen Beamten zerlegt. Man findet neben der neuzeitlichen Einrichtung mit stehenden Karten (Kartotheksschränke) noch häufig die ältere Einrichtung, bei der besondere Kästen mit liegenden Blättern in Regalen aufbewahrt werden. Das Publikum wird hinter einer für jeden Beamten erreichbaren Schranke abgefertigt, sofern nicht ein abgetrennter Raum vorgesehen ist, in dem nur ein besonderer Beamter mit dem Publikum verkehrt.

Zu 5: Die Geschäftsräume des Kommandos oder einer Inspektion der Schutzpolizei gehören grundsätzlich in das Polizeiverwaltungsgebäude, nicht etwa in die Polizeiunterkunft.

Zu 6: Für die Kriminalpolizei sind im Interesse ungestörter Vernehmungstätigkeit Geschäftszimmer mit möglichst geringer Belegung vorzusehen, im übrigen braucht nicht jeder Beamter eine besondere Fensterachse, weil ein Teil ständig im Außendienst tätig ist. An besonderen Räumen sind allgemein vorzusehen: Ein Zimmer für eine Tag und Nacht dienstbereite Kriminalwache mit Ruhebett, ein größerer Unterrichtsraum für die täglichen Besprechungen der Kriminalbeamten, Warteräume für das Publikum, eine Lichtbildwerkstatt mit Dunkelkammer und ein Meßraum. Für die Lichtbildwerkstätte wird auf hochliegendes Atelier- oder gar Oberlicht im allgemeinen wenig Wert gelegt, weil das Photographieren mit künstlichem Licht wegen der Unabhängigkeit von den äußeren Lichtverhältnissen bequemer ist und schneller vor sich geht. Die Fenster bekommen dann natürlich Verdunkelungsvorrichtungen. Auf gute Verbindung aller dieser Räume, auch wenn sie auf verschiedene Geschosse verteilt sind, mit dem Polizeigefängnis ist aus Gründen des praktischen Betriebes (Vorführung von Gefangenen und dergleichen) Wert zu legen.

Zu 7: Das Polizeigefängnis besteht in der Hauptsache aus Gemeinschafts- und Einzelzellen. Für etwa 75 vH letzterer genügen Abmessungen von 1½ m Breite bei 3½ m Tiefe, der Rest bekommt etwa 2 m Breite für Häftlinge mit längerer Haftzeit. Ferner ist nötig: ein Aufnahmebüro mit Wertschrank, ein Aufenthaltsraum für Beamte, Baderaum, Brausezelle, Desinfektionsraum. Als Aborteinrichtung genügt bei kleinen Gefängnissen etwa bis zu 15 Zellen der übliche Leibstuhl für die Nacht nebst einer Abortzelle mit Spülbecken und einem Spülklosett für den Tag, bei größeren Gefängnissen bekommt jede Zelle ein Spülklosett (vgl. hierzu die spätere Beschreibung des Polizeigefängnisses in Dortmund). Im übrigen gelten sinngemäß die Gefängnisvorschriften der Justizverwaltung, doch sei bemerkt, daß in einigen der hier behandelten Neubauten ein innerer Blechbeschlag der Zellentüren nicht für nötig gehalten wurde.

Die im folgenden behandelten Bauausführungen zeigen Gefängnisse verschiedenen Umfangs. Die kleinen Gefängnisse der Polizeiämter liegen stets am Hofe im Sockelgeschoß. In dem Gebäude der Polizeidirektion Hamm ist das Gefängnis mit Zubehör auf vier Hofgeschosse verteilt. In Dortmund wurde ein besonderes Gefängnisgebäude mit panoptischem Flur im Hofe errichtet. Sehr erwünscht und zur Verhütung unbefugten Verkehrs mit den Häftlingen oft notwendig ist das Vorlagern eines besonderen Gefängnishofes, der auch zum Spazierengehen der Gefangenen dienen kann. Nahe dem Polizeigefängnis wird zweckmäßig die Haus- und Gefängniswache angeordnet. Die Verpflegung der Häftlinge erfolgt in kleinen Verhältnissen aus der angemessen zu vergrößernden Küche des Gefangenenaufsehers, dessen Wohnung dann unweit der Zellen anzulegen ist, andernfalls ist eine besondere Küche mit Zubehör vorzusehen.

Zu 8: Wohnungen. Dienstwohnungen erhalten in der Regel die Polizeipräsidenten, die Gefängnisaufseher und die Hausmeister. Umfang und Ausstattung richten sich nach den allgemein für Dienstwohnungen geltenden Grundsätzen. Für die Leiter der Polizeiämter werden lediglich Mietwohnungen von durchschnittlich sechs Stuben, Kammer, Küche angelegt. Der Heizer bekommt eine Werkwohnung. Im übrigen wurden des öfteren für weitere Angehörige der Polizei Mietwohnungen vorgesehen, um der Wohnungsnot etwas abzuhelfen und den für künftige Erweiterung schon jetzt vorsorglich erstellten Raum zweckmäßig auszunutzen. Da die Polizeiverwaltungsgebäude durchgängig Zentralheizung (Warmwasserheizung) erhalten haben, wurden stets die Dienstwohnungen, meistens aber auch die größeren Mietwohnungen angeschlossen; die kleineren Mietwohnungen bekamen in der Regel Ofenheizung, da deren Inhaber sonst durch die bei Mietwohnungen erheblich höhere Heizgebühr zu sehr belastet worden wären.

Zu 9: Pförtner. Wird am Haupteingang untergebracht.

Hauswache, gleichzeitig Gefängniswache, von der Straße aus bequem zu erreichen und mit Schutzpolizei besetzt. Sie verlangt einen Tagesraum, Schlafraum, Abort und Waschraum, zugleich Trockenraum; wo ein Polizeirevier mit Revierwache im Hause liegt, erübrigt sich eine besondere Hauswache.

Sitzungszimmer. In den Polizeiämtern genügt meist ein dreiachsiger Raum, der gegebenenfalls auch zu Unterrichtszwecken dienen kann. In Polizeidirektionen und Polizeipräsidien ist durch Vergrößerung der Fläche und Geschoßhöhe ein saalartiger Charakter zu erzielen.

Unterrichtsräume, meist dreiachsig, werden verlangt zur Abhaltung von Kursen und für die unter Ziff. 6 behandelten Zwecke der Kriminalpolizei. Für Polizeiämter genügen ein bis zwei derartige Räume.

Fernsprechzentrale. Das Selbstwählersystem ist für den inneren Verkehr allgemein eingeführt. Demgemäß ist vor allem nötig ein Fernsprechvermittlungsraum für die Außengespräche, ein Raum für die Wählergestelle (staubfrei, schallsicher), ein gut gelüfteter Akkumulatorenraum mit säurefestem Fußboden und abgetrenntem Raum für die Lademaschine, ein Werkstattraum. Die Fernsprechleitungen sind von vornherein so zu verlegen, daß später jedes Zimmer ohne weiteres angeschlossen werden kann. Die Notwendigkeit, außer den Post- und Hausanschlüssen noch polizeieigene Verbindungen mit den übrigen Polizeiverwaltungsgebäuden des Bezirks und den zugehörigen Polizeiunterkünften, Polizeirevieren, Polizeiwachen, den Wohnungen der leitenden Beamten usw. zu haben, macht die Fernsprechanlage zu einem ziemlich zu Buche schlagenden Titel des Kostenanschlages, daher ist ihr Umfang im engen Einvernehmen mit den Spezialsachverständigen der Polizeiverwaltung möglichst frühzeitig festzustellen (wegen der Kosten vgl. Abschnitt V).

Funkverkehr. Soweit eine Funkstation überhaupt zuständig, sind erforderlich ein Funkempfangsraum, ein Maschinenraum für den Sender, ein Akkumulatorenraum und gegebenenfalls Aufenthalts- und Schlafraum für den diensthabenden Beamten. Der Frage der Anbringung der Funkmaste ist rechtzeitig Aufmerksamkeit zu schenken; die manchmal recht weitgehenden Wünsche der örtlichen Stellen hinsichtlich der Höhenlage und freien Länge der Antennen bedürfen gegebenenfalls der Einschränkung durch Anrufen der Ministerialinstanz.

Fahrbereitschaft. Räume für ein bis zwei Kraftwagen nebst feuersicherer Aufbewahrungsmöglichkeit für Betriebsstoffe sind nötig, wenn keine Polizeiunterkunft in der Nähe ist. Dazu gehört gegebenenfalls noch ein Aufenthaltsraum für ein bis zwei Fahrbeamte, die sogenannte Fahrbereitschaft.

Fahrradraum. Zu unterscheiden ist zwischen dem

verschließbaren Fahrradraum für Diensträder und einem offenen Fahrradunterstellraum mit Anschlußgelegenheit für Räder dienstlich anwesender Beamter sowie des Publikums. Kellerräume werden zweckmäßig durch Rampen zugänglich gemacht und müssen auf möglichst geradem Wege zu erreichen sein.

III. Allgemeines über die Entwürfe.

Bei Wahl der Grundstücke und Planung der Bauten wurde stets auf angemessene Erweiterungsfähigkeit gesehen, außerdem erhielt jeder Bau von vornherein eine größere oder geringere Zahl von Reserveräumen, häufig in Gestalt eines bereits ausgebauten oder noch ausbaufähigen Dachgeschosses oder auch in der Form, daß einige Mietwohnungen eingerichtet wurden, die später bei Bedarf in Geschäftsräume verwandelt werden können. In einigen Fällen wurde durch vorläufige Aufnahme von Katasterämtern, Polizeirevieren und dergleichen eine weitere Ausdehnungsmöglichkeit geschaffen.

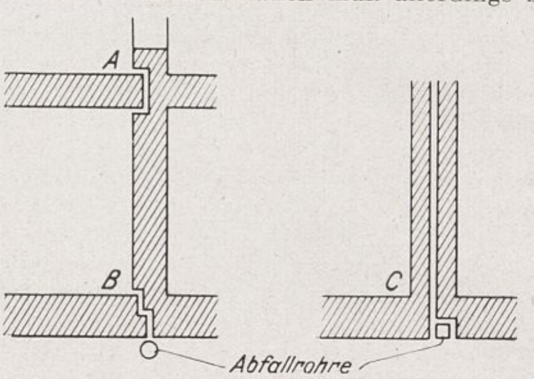
Das Dienstgebäude einer Polizeiverwaltung als des Repräsentanten eines Teiles staatlicher Autorität hat Anspruch auf eine gewisse monumentale Gestaltung, die aber in den beschränkten finanziellen Mitteln des Staates ihre Grenzen zu finden hat. Aufgabe des Architekten war es, die richtige Mitte zu suchen. Dem Streben nach monumentaler Gestaltung konnte demgemäß nicht durch räumlichen Aufwand, sondern nur durch möglichst ruhige und einfache Bildung der äußeren Baumasse entsprochen werden. Gemäß den baulichen Anschauungen der heutigen Zeit wurde die Anwendung historischer Bauformen im engeren Stilsinne möglichst vermieden. Der häufig verwendete Backsteinrohbau kam solchen Bestrebungen entgegen. Jedes Gebäude bekommt eine deutlich lesbare Aufschrift „Polizeiamt", „Polizeidirektion" oder „Polizeipräsidium" in Antiquabuchstaben, ferner als Hoheitszeichen des Staates einen Adler und als Wahrzeichen der Polizei die bekannten Polizeisterne, sämtlich in Bronze ausgeführt.

Das Streben nach Wirtschaftlichkeit führte dazu, die Haupttrakte der Neubauten durchweg als zweibündige Anlagen (mit Mittelflur) anzulegen. Hierbei ist auf ausreichende Belichtung der Flure und besonders darauf zu achten, daß die Türaufschriften leicht erkennbar sind. Es wird bei künftigen Bauten mehr als bisher zu dem wirksamen Mittel durchlaufender verglaster Oberlichtöffnungen in den nach der Sonnenseite liegenden Flurwänden zu greifen sein. Die Raumtiefe wurde gegenüber ähnlichen Bauanlagen der Vorkriegszeit auf das unbedingt Nötige eingeschränkt, meist wurde bis auf 4½ m heruntergegangen, niemals über 5 m hinausgegangen. Die Achsweiten der Fenster betragen in der Regel 3,0 bis 3,3 m, die Geschoßhöhen, von Fußboden zu Fußboden gemessen, etwa 3,3 m, ein Maß, das nur in besonderen Fällen überschritten, bei Sockelgeschossen und ausgebauten Dachgeschossen manchmal bis auf etwa 3.0 m gesenkt wurde. Uebliche Flurbreiten sind 2,0 m, ein Maß, das bei der verhältnismäßig niedrigen Geschoßhöhe angenehm wirkt und nur ausnahmsweise erhöht wurde.

Der notwendige Einbau von Polizeigefängnissen führte in den meisten Fällen dazu, ein Sockelgeschoß mit besonderem Eingang von der Straße und vom Hofe anzuordnen, das dann außer dem Gefängnis zweckmäßig noch eine Polizeiwache und die Gefängnisaufseherwohnung aufzunehmen pflegt. Zum Erdgeschoß und der hier erst beginnenden Haupttreppe führt dann häufig eine offene, halb oder ganz überdeckte äußere Freitreppe, sofern nicht fallendes Gelände von selber eine andere Lösung bot.

Bei der räumlichen Gestaltung der Eingangsflure und der anschließenden Treppenhäuser wurde Zurückhaltung geübt; auf leicht auffindbare und zugleich geschmacklich befriedigende Unterbringung der zahlreichen Anschläge, Bekanntmachungen und dergleichen muß von vornherein besonderer Wert gelegt werden. Eingebaute Handwaschbecken mit Anschluß an die Wasserzu- und -ableitung haben die Büroräume der hier behandelten Neubauten im allgemeinen noch nicht in dem Umfang bekommen, wie es neuerdings nach der Raumbedarfsordnung in Aussicht genommen ist. Aktenaufzüge wurden nur in wenigen Fällen verlangt, die angelegten erhielten in der Regel Handbetrieb. Personenaufzüge wurden bei den hier behandelten Gebäuden im Einvernehmen mit der nutzenden Verwaltung überhaupt nicht angelegt; sie kommen nur für große Polizeipräsidien in Frage.

Die Mehrzahl der Bauten liegt über Bergbaugelände und bedurfte einer Eisenarmierung der Fundamente oder darüber hinaus einer mehr oder minder weitgehenden Horizontalverankerung, die entweder in einer Verbindung der Eisenbetondecke über Keller- oder Sockelgeschoß mit den Außenwänden oder sogar in einer Ringverankerung der Außenwände in Höhe aller Eisenbetondecken bestand. Bei besonders unsicherem Bergbaugelände wurde zu einer Zerlegung des Baukörpers in einzelne, selbständiger Setzung fähige Teile geschritten. In allen solchen Fällen ist vorheriges Benehmen mit der in Frage kommenden Kohlenzeche geboten, um deren geldliche Beteiligung oder doch zum mindesten die Gewähr zu erlangen, daß in der Frage der Bergsicherung nichts versäumt ist. Bei einer Zerlegung der Baukörper wurde die Trennfuge bei Innenwänden etwa nach der Grundrißskizze bei A, bei Außenwänden etwa nach der Skizze bei B ausgeführt. In solchen Fällen muß allerdings bei Set-



zungen in Kauf genommen werden, daß die Decken sich von den Wänden der angrenzenden Baukörper ablösen. Soll auch das vermieden werden, so müssen an der Trennstelle zwei selbständige Mauern mit geringem Zwischenraum aufgeführt werden (Grundrißskizze C). Zur Verdeckung der äußeren Trennfugen wurden die Regenabfallrohre benutzt, bei welcher Gelegenheit bemerkt werde, daß das sonst übliche Zinkblech in den Industriegebieten eine geringe Lebensdauer hat und zweckmäßig durch Kupfer ersetzt wird.

Auf weitere technische Einzelheiten hier näher einzugehen erübrigt sich. Das für die Polizeidienstgebäude Wesentliche ist bereits in Abschnitt II behandelt, und im übrigen unterscheidet sich deren Ausführung nicht von der bei anderen staatlichen Verwaltungsgebäuden üblichen.

IV. Ausgeführte Neubauten.

Es bekamen neue Polizeiverwaltungsgebäude in den Jahren 1923 bis 1928 die folgenden Städte:

Im Regierungsbezirk Düsseldorf (Dezernent: Oberregierungs- und -baurat Schräder): Sterkrade, Hamborn, Remscheid;

im Regierungsbezirk Münster (Dezernent: Oberregierungs- und -baurat Borchers) Gladbeck, Bottrop, Recklinghausen, Buer;

im Regierungsbezirk Arnsberg (Dezernent: Oberregierungs- und -baurat Rellensmann) Hamm, Dortmund, Hörde;

im Regierungsbezirk Erfurt (Dezernent: Regierungs- und Baurat Maier) Suhl;

im Regierungsbezirk Oppeln (Dezernent: Regierungsbaumeister, jetzt Regierungsbaurat Krimmer) Beuthen.

Diese 12 Bauanlagen sollen in ihren wesentlichen Teilen dargestellt werden. Ueber die beiden großen Neubauten für die Polizeipräsidien in Breslau und Bochum soll besonders berichtet werden.

POLIZEIAMT STERKRADE.

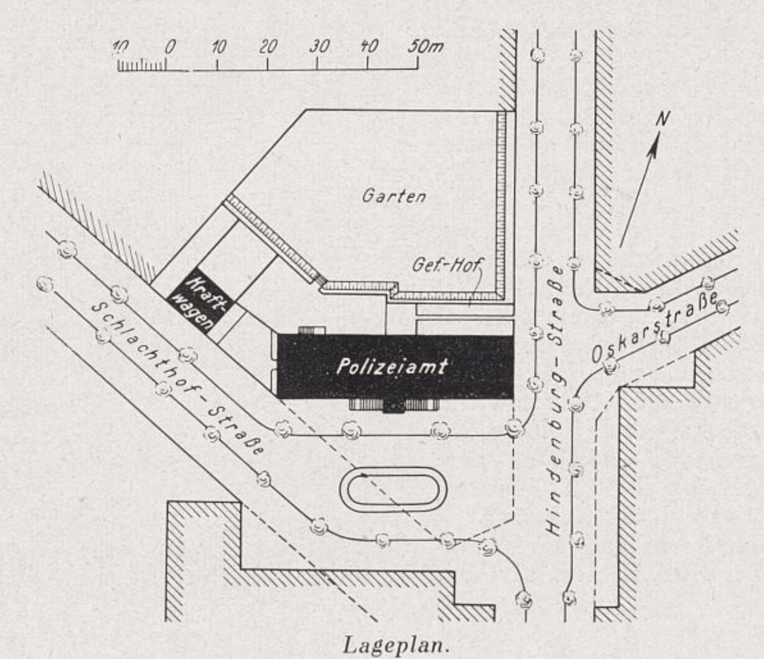
Erbaut Herbst 1925 bis Frühjahr 1927.

Oertliche Bauleitung: Regierungsbaumeister, jetzt Regierungsbaurat Frenzel.

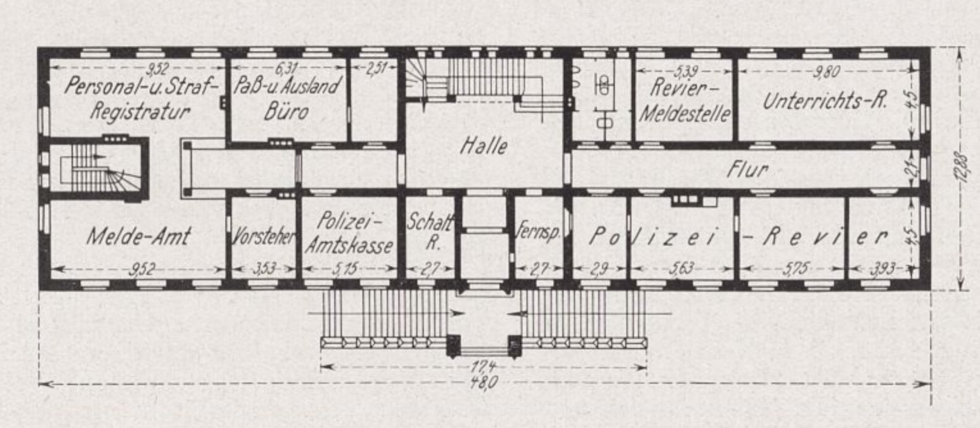
Das von der Stadt zu mäßigem Preise zur Verfügung gestellte, am Rande der vorhandenen Ortsbebauung gelegene Grundstück hatte ursprünglich eine sehr ungünstige Form. Es bedurfte nur einer Anregung, um die Stadt zu einer städtebaulich vorteilhaften Abänderung des Bebauungsplans nach dem Vorschlage der Bauverwaltung zu veranlassen. Der Lageplan zeigt das Ergebnis; aus einer spitzwinkligen Straßengabelung wurde ein Platz, den der Neubau mit seiner Freitreppe beherrscht. Den Gefängniszellen ist ein besonderer kleiner Gefängnishof mit seitlicher Einfahrt vorgelagert. Für zwei Kraftwagen ist ein Massivschuppen errichtet, dessen Rückseite einen Teil der Straßeneinfriedigung bildet.

Das Gebäude hat drei Straßeneingänge: die zum Teil bedeckte Freitreppe führt zum Haupteingang in Erdgeschoßhöhe, woselbst unter anderem Kasse und Meldeamt sowie ein Polizeirevier liegen und die Haupttreppe beginnt; eine Tür an der Stirn der Freitreppe führt ins Sockelgeschoß zur Polizeiwache und zum Gefängnis mit acht Einzelzellen und einer Sammelzelle; die Tür am linken Giebel führt zu einer Treppe, an der vier Wohnungen liegen, darunter je eine Wohnung für den Leiter des Polizeiamts und für den Gefängnisbeamten. Das Sockelgeschoß ist vollständig unterkellert. Das Dachgeschoß ist ganz ausgebaut und enthält zu einem erheblichen Teile Reserveräume für späteren Bedarf. Das Aeußere ist als Ziegelrohbau unter deutschem Schieferdach ausgeführt. Seine beiden großen Endgiebel sind Blickpunkte für die angrenzenden Straßen.

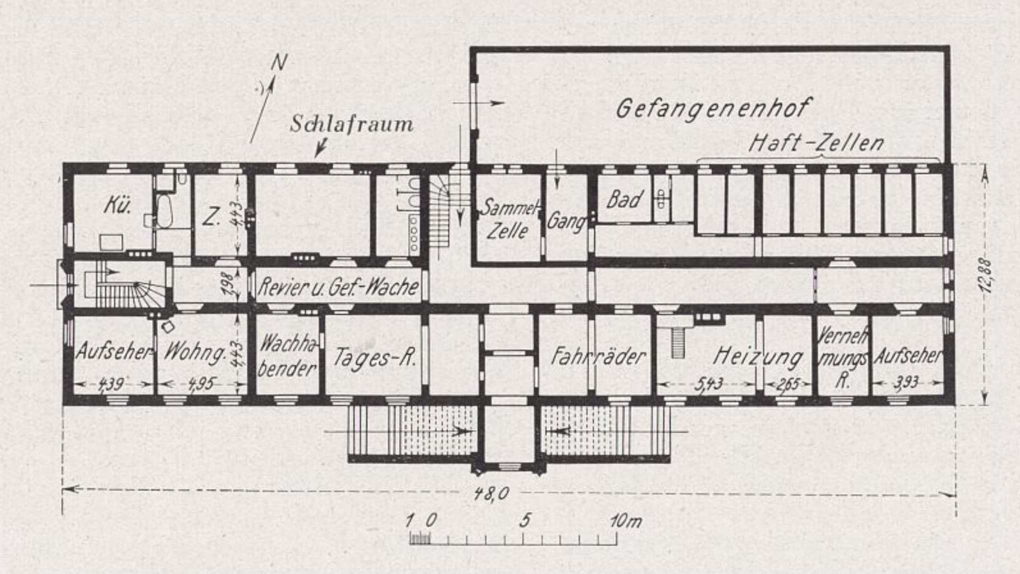
Besonders günstige Verdingungsergebnisse gestatteten eine die künftige Bauunterhaltung verringernde 2,6 m hohe Bekleidung der Wände des Haupteingangsflurs mit dünnen Travertinplatten. Die Abbildung des Austrittraums der Haupttreppe zeigt eine die Wände und die Decke zusammenfassende malerische Behandlung, wie sie bei den üblichen geringen Geschoßhöhen von nur 3 m im Lichten stets günstig zu wirken pflegt. Die Wirkung ihrer gelblichen Töne wird verstärkt durch den Durchblick in das Blau der angrenzenden Bodentreppe. Die Türen der Haftzellen sind abweichend von der Norm als Stahltüren mit Holzfüllung von der „Gutehoffnungshütte“ geliefert.



Lageplan.



Erdgeschoß.



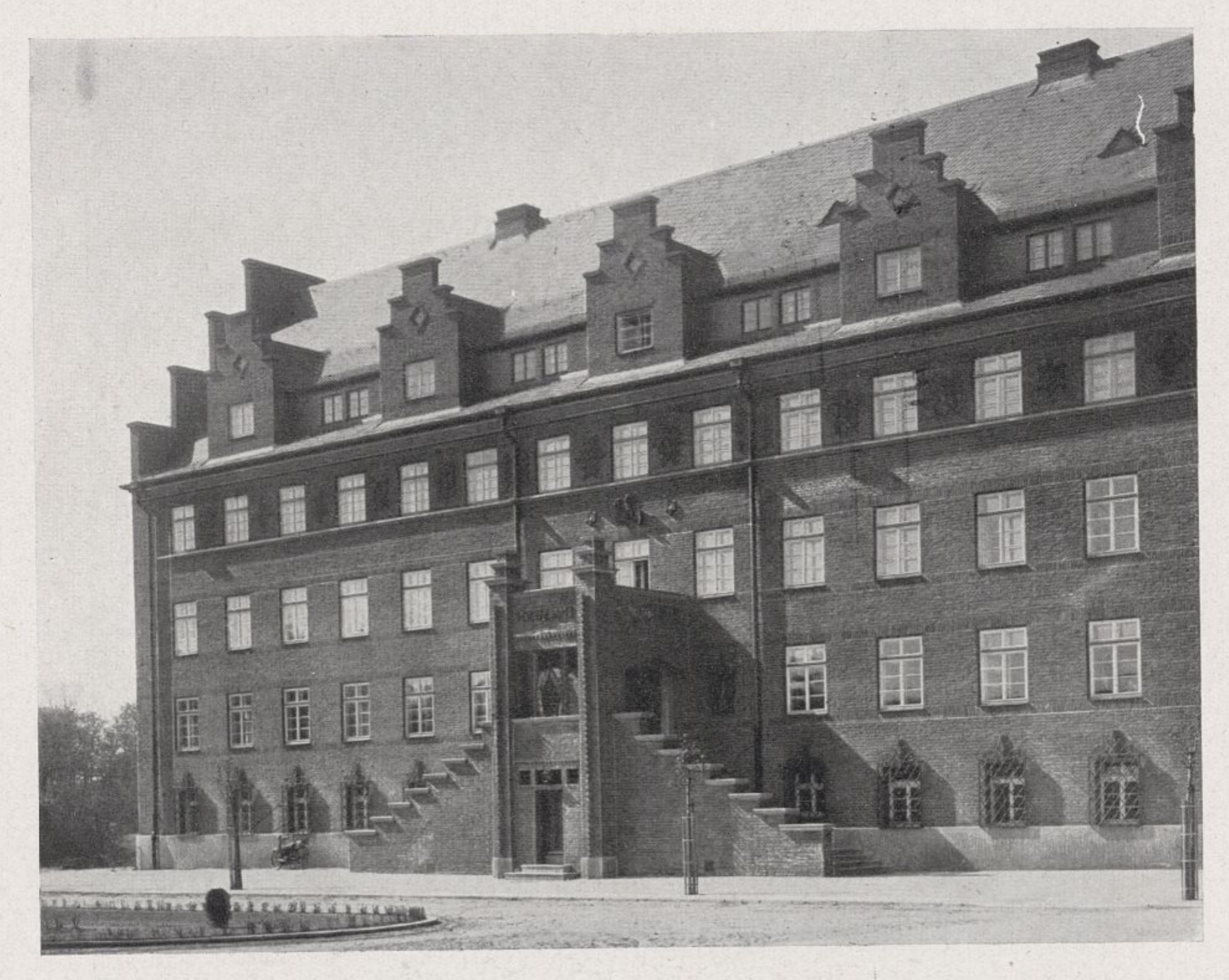
Sockelgeschoß.



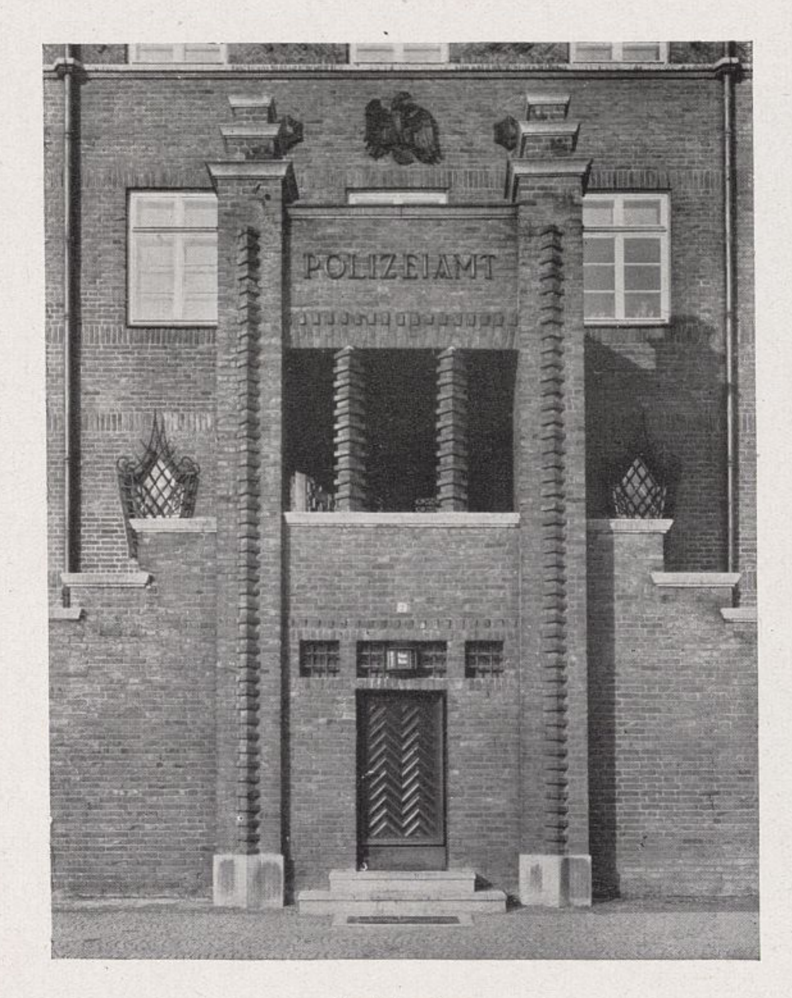
Austrittraum der Haupttreppe.



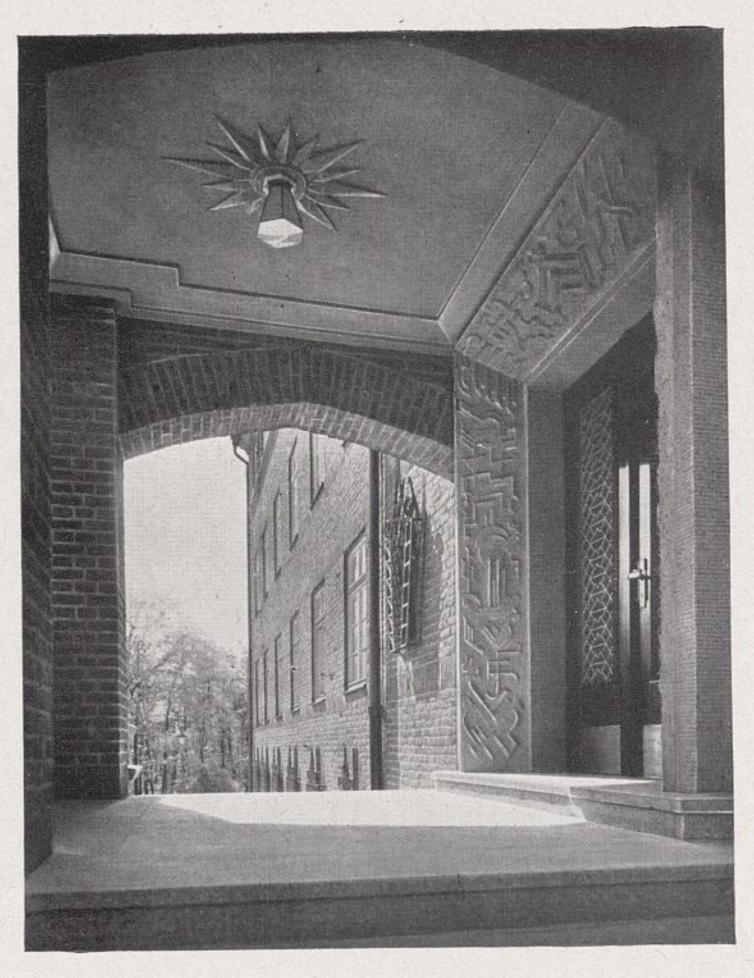
Haupteingangsflur.



Hauptansicht.



Portalvorbau.



Haupteingang.

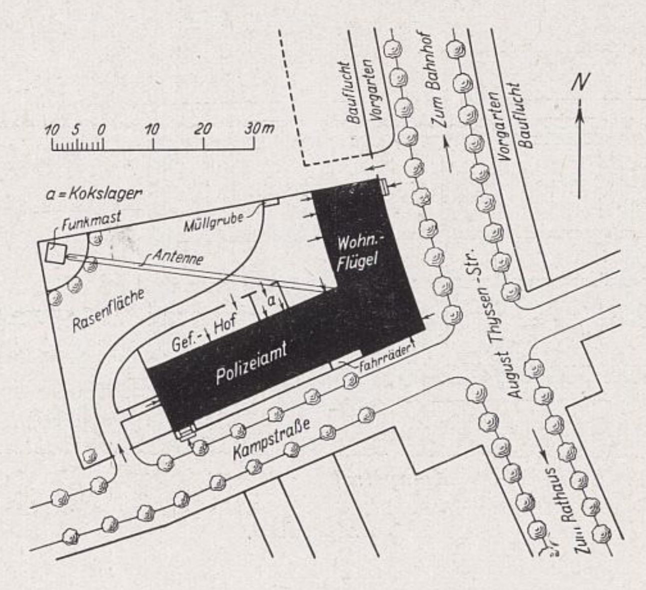
POLIZEIAMT HAMBORN.

Erbaut Frühjahr 1926 bis Frühjahr 1928.

Oertliche Bauleitung: Regierungsbaurat Schultze.

Ansicht an der August-Thyssen-Straße.

Das Eckgrundstück wurde von der Stadt kostenlos zur Verfügung gestellt. Die Stumpfwinkligkeit der Straßenkreuzung wurde durch leichte Krümmung der Front an der August-Thyssen-Straße gelöst. Dieser Bauteil hat vier Hauptgeschosse, der Flügel an der Kampstraße nur drei. Von den die Baukörper abschließenden großen Giebeln ist der der Stadt zugewendete im unteren Teil durch die offene Eingangshalle aufgelöst. In dieser führt eine Treppe zum Erdgeschoß, in welchem u. a. das Meldeamt und ein Polizeirevier nebst Wache untergebracht sind. Das des Grundwassers wegen nicht unterkellerte Sockelgeschoß, durch den Eingang in der Kampstraße zugänglich, enthält das Gefängnis mit sieben Einzel- und zwei Sammelzellen, ferner die Dienstwohnung des Gefängnisbeamten, die Funkstelle, Unterstellraum für zwei Kraftwagen und die nötigsten Aufbewahrungsräume als Kellerersatz. Der Eingang am entgegengesetzten Ende des Hauptgebäudes führt zu einer Nebentreppe, an der die Wohnungen für den Amtsleiter und Hausmeister sowie eine Werkwohnung für den Heizer und eine Mietwohnung liegen. Das Aeußere zeigt Ziegelrohbau (Straßenseiten Klinker) unter Ziegelkronendach. Als Besonderheiten seien erwähnt ein in der Hofecke freistehender eiserner Funkmast von 30 m Höhe und eine in das Sockelgeschoß eingebaute Umformerstation zur Verbilligung des Strombezugs um 4½ Pfennig die Stunde.



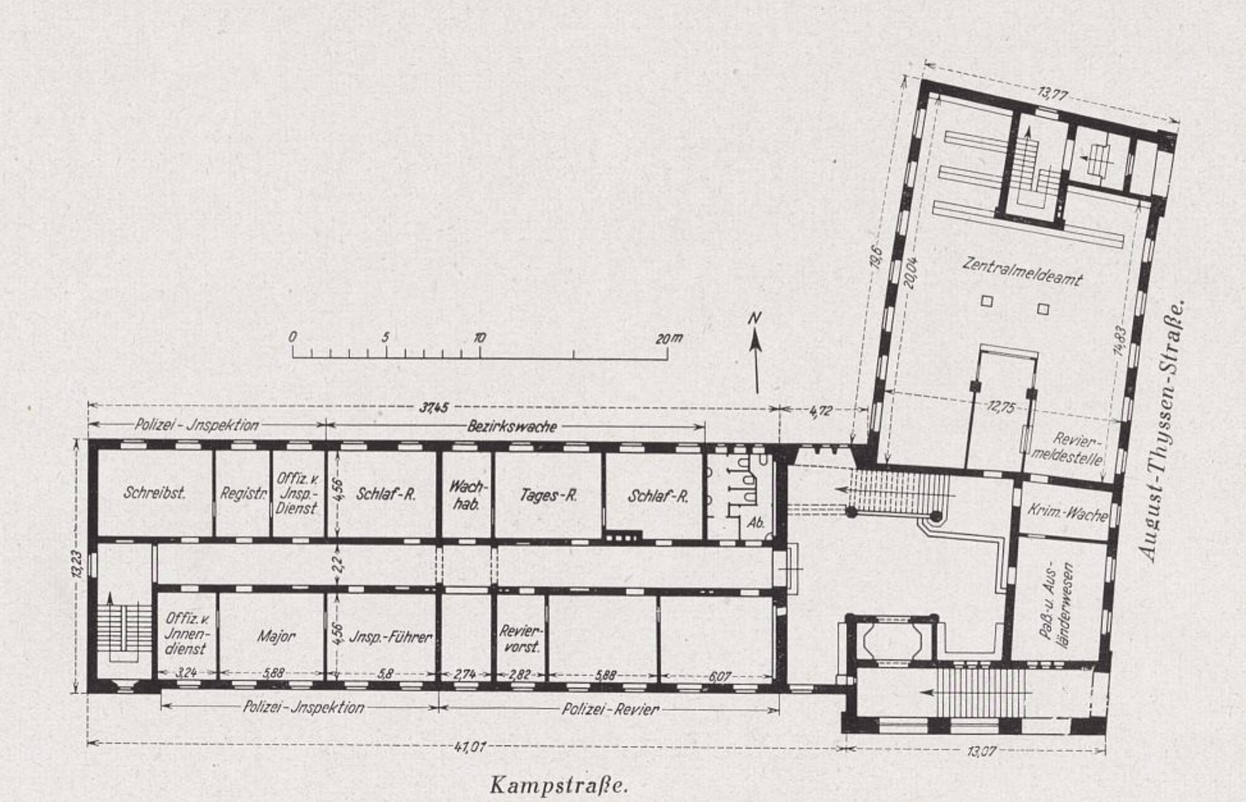
Lageplan.



Teilansicht an der Kampstraße.



Seitengiebel.



Kampstraße.

Erdgeschoß.

POLIZEIAMT REMSCHEID.

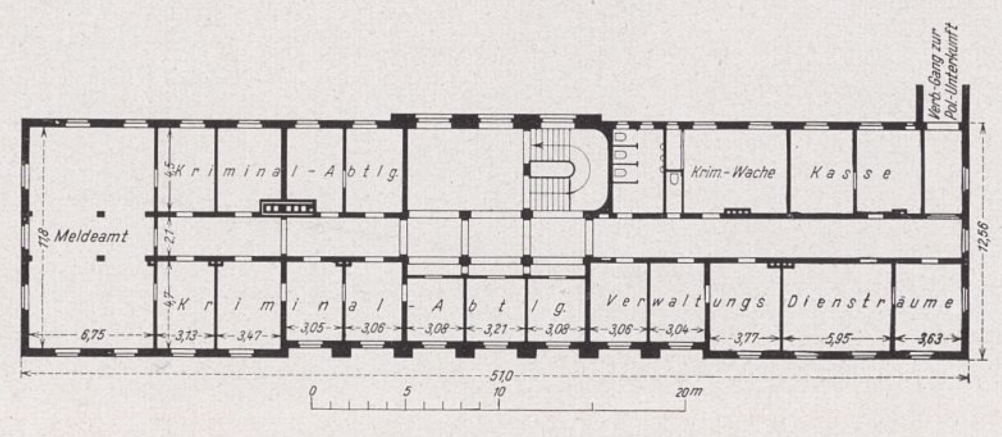
Erbaut Anfang 1925 bis Mitte 1927.
Oertliche Bauleitung: Regierungsbaumeister, jetzt Regierungsbaurat Schäfer.



Hauptansicht.

Das Polizeiamt und eine Polizeiunterkunft bilden eine zusammenhängende Baugruppe, deren Lageplan bereits bei der Besprechung der Unterkünfte in Heft 1 und 2 des Jahrgangs 1928 d. Bl. (S. 25) abgebildet ist. Auf diese Veröffentlichung, die u. a. auch eine Modellübersicht, ein farbiges Straßenschaubild der Gesamtanlage sowie nähere Erläuterungen zur Gesamtplanung brachte, sei hier verwiesen.

Der Haupteingang führt hier abweichend von sonstiger Uebung nicht unmittelbar in das unterste Hauptgeschoß, sondern in das Sockelgeschoß, in welchem das Gefängnis mit zehn Einzelzellen und einer Sammelzelle, zwei Wohnungen für Gefängnisaufseher und Heizer sowie die Räume für eine Wache liegen, die sich nach dem Hofe mit einer Halle öffnen und die angrenzende Einfahrt zum Grundstück bewachen. Das Sockelgeschoß ist vollständig unterkellert. Das hochliegende Erdgeschoß hat eine Gangverbindung mit der angrenzenden Unterkunft. Die im ersten Obergeschoß liegende Wohnung des Amtsleiters sowie die darüber liegende Mietwohnung haben entgegen sonstiger Uebung wegen der Nähe der Haupttreppe keine besondere Treppe bekommen. Der Attikaaufbau über dem zweiten Obergeschoß enthält die Lichtbildwerkstatt, sein flaches Dach ermöglichte die Anordnung eines Oberlichts. Das schon jetzt ausgebaute Dachgeschoß enthält eine größere Zahl von Reserveräumen. Das Aeußere ist als Putzbau (Edelputz) in grünlichem Ton mit braunen Gliederungen unter Schieferdach ausgeführt.



Erdgeschoß.



Hofansicht.



Haupteingang.

POLIZEIAMT GLADBECK.

Erbaut Mitte 1923 bis Mitte 1925.
Oertliche Bauleitung: Städtisches Hochbauamt Gladbeck.



Straßenansicht.

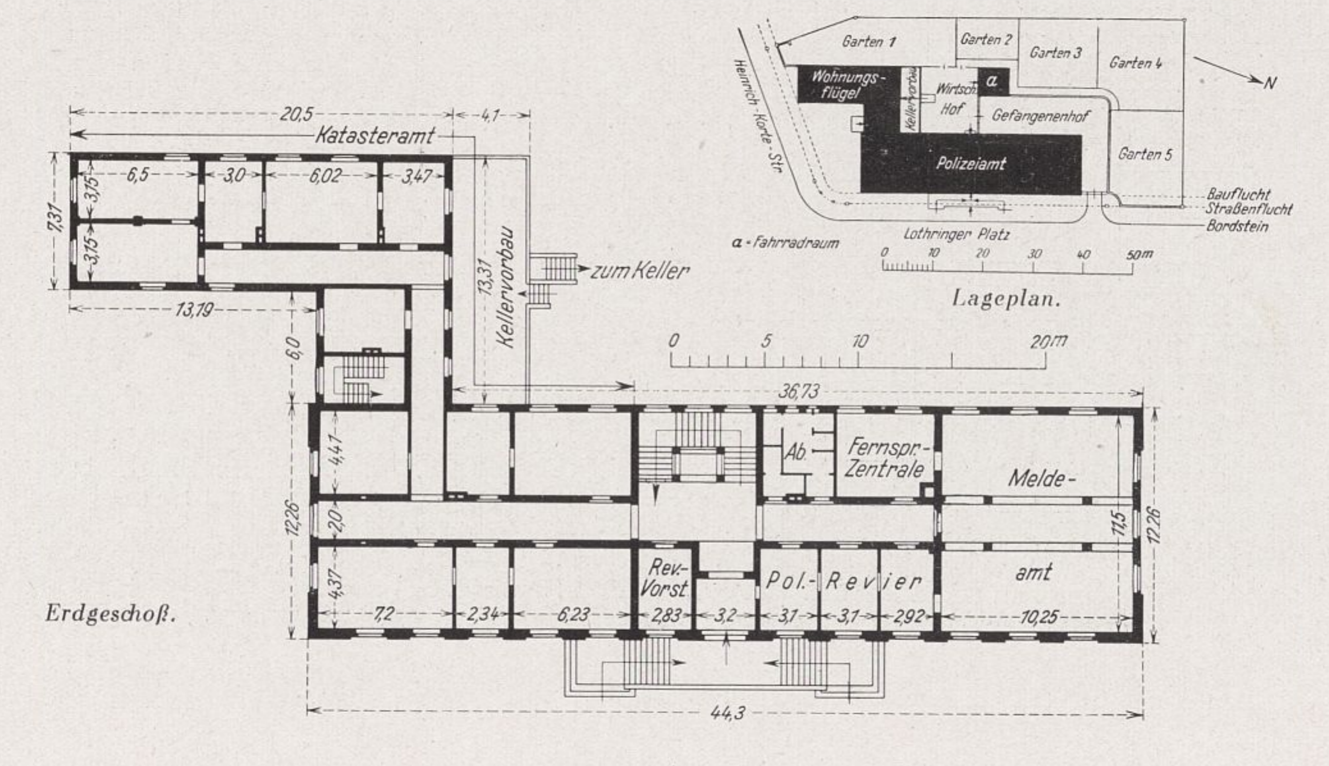
Die Ausführung durch das städtische Hochbauamt hatte ihren Grund in der Ruhrbesetzung. Regierungsbaumeister waren innerhalb des besetzten Gebietes nicht verfügbar und solche aus dem unbesetzten Gebiet zu entsenden war aus politischen Gründen nicht möglich. Durch diese städtische Mitarbeit wurde die Außenarchitektur wesentlich beeinflußt.

Das Gebäude bildet mit seinem Haupttrakt den Abschluß eines stattlichen Platzes, und der stumpfe Winkel der links einmündenden Straße ist durch winkelförmige Flügelanordnung gelöst.

Der Hauptkörper hat durch eine dem Erdgeschoßeingang vorgelagerte Freitreppe ein wirksames Fassadenmotiv erhalten. An der Stirn letzterer führt — ähnlich wie in Sterkrade — eine Tür in das Sockelgeschoß, in dem u. a. das Gefängnis mit sieben Einzelzellen und einer Gemeinschaftszelle, ein Polizeirevier mit Wache und zwei Wohnungen liegen. Diese sowie vier weitere Wohnungen für Polizeibeamte in den oberen Geschossen werden durch eine besondere Wohnungstreppe im Seitenflügel erschlossen.

Zur Schaffung des notwendigen Kellerraumes wurde dem Seitenflügel hofseitig ein niedriger, vertieft liegender Kellervorbau angegliedert. Zur Unterbringung der Fahrräder wurde ein besonderer Schuppen auf dem Hof errichtet.

Das Gebäude hat über dem Sockelgeschoß drei Hauptgeschosse und ein vollständig ausgebautes Dachgeschoß und beherbergt u. a. auch ein Katasteramt. Das Aeußere ist ein mit Kalkfarbe braungelb gestrichener Putzbau mit Steinputzgesimsen unter Hohlpfannendach.



Lageplan.

Erdgeschoß.

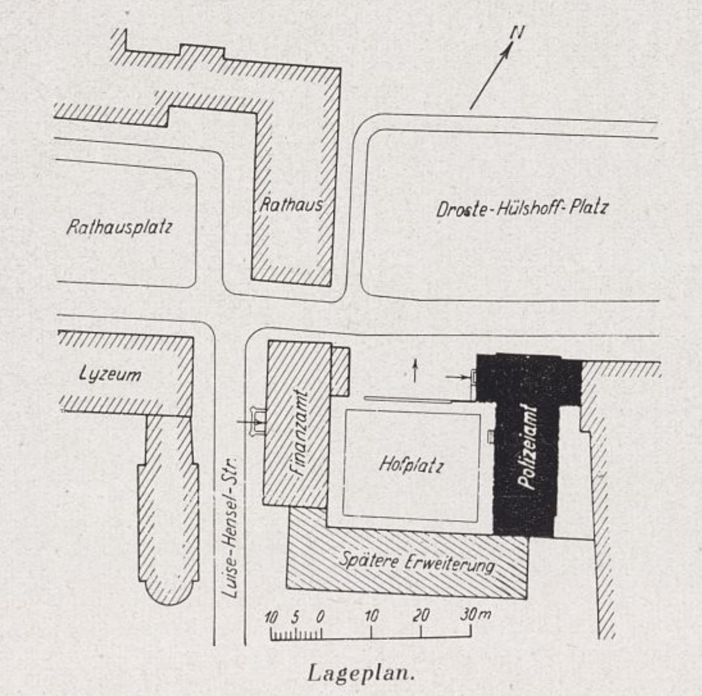
POLIZEIAMT BOTTROP.

Erbaut Mitte 1923 bis Mitte 1925.
Oertliche Bauleitung: Stadtbaurat L a n g e in Bottrop.

Die Uebertragung der Bauleitung an das Stadtbauamt hatte die gleichen Gründe wie im Falle Gladbeck. Stadtbaurat Lange hat sich um die formale Durchbildung des Baues besonders verdient gemacht.

Der Bauplatz wurde von der Stadt zu mäßigem Preise zur Verfügung gestellt, um ein Gegenstück zu dem schon bestehenden Neubau des Finanzamts zu gewinnen. Diesem städtebaulich berechtigten Wunsche der Stadt wurde auch in der Wahl des Fassadenmaterials (gewöhnlicher Backsteinrohbau unter Schieferdach) gern nachgekommen. Der zweigeschossige Vorbau nach dem gemeinsamen Hofplatze zu gab Anlaß, dort die Haupteingangshalle anzuordnen; von ihr führt eine geradläufige Treppe zum Erdgeschoß mit Meldeamt usw.

Das voll unterkellerte, über Gelände liegende Sockelgeschoß hat zwei Außeneingänge. Der eine an der linken Nachbarseite der Straßenfront führt zur Wohnung des Gefängnisaufsehers im Sockelgeschoß und zur Wohnung des Amtsleiters im ersten und zweiten Obergeschoß, der andere, an der Hofplatzfront, zum Polizeirevier mit Wache und zum Gefängnis mit zehn Einzel- und drei Sammelzellen.



Lageplan.

Vier der ersteren haben, um sie unerwünschter äußerer Einwirkung zu entziehen, ihre Fenster nach einem hinter den Frontfenstern liegenden Gang erhalten, der von der angrenzenden Wache beaufsichtigt werden kann, eine bei kurzfristiger Haft wohl unbedenkliche Maßnahme.

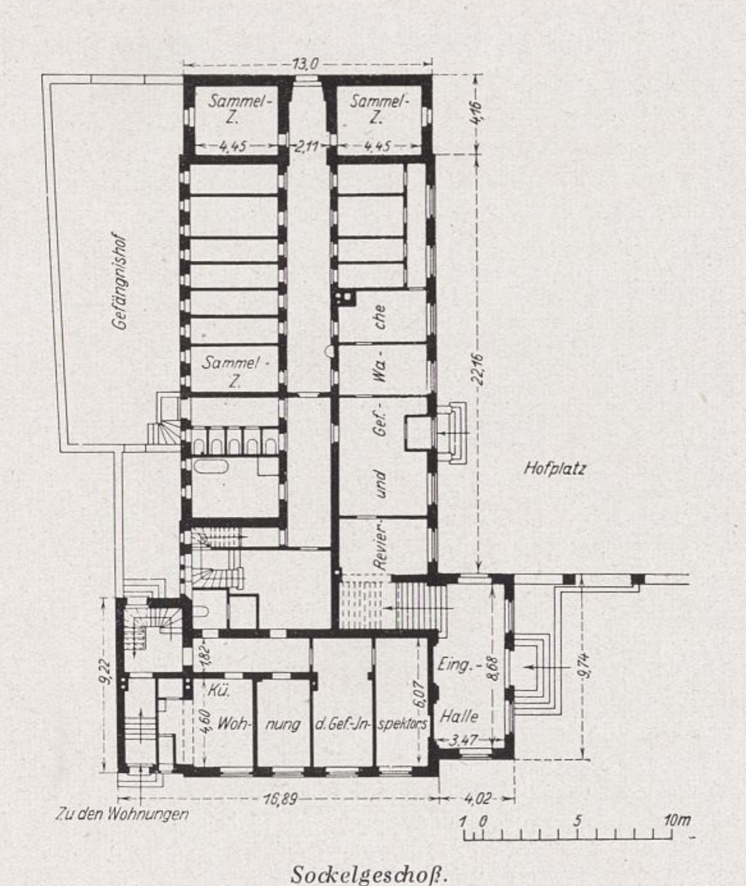
Das Dachgeschoß über dem zweiten Obergeschoß ist vollständig ausgebaut.

Die Büroräume haben geschoßweise den gleichen Wandton bekommen, eine Behandlungsweise, die sachlich richtiger scheint als die sonst noch allzuoft beliebte farbige Differenzierung gleichartiger nebeneinanderliegender Räume.

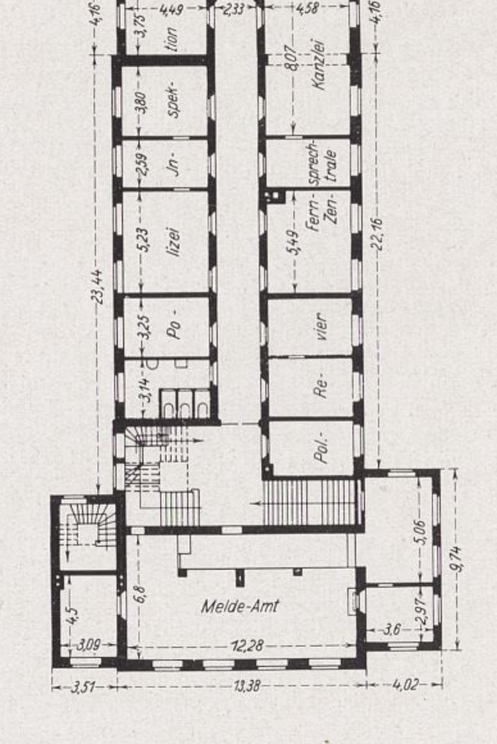
*

Polizeiunterkunft.

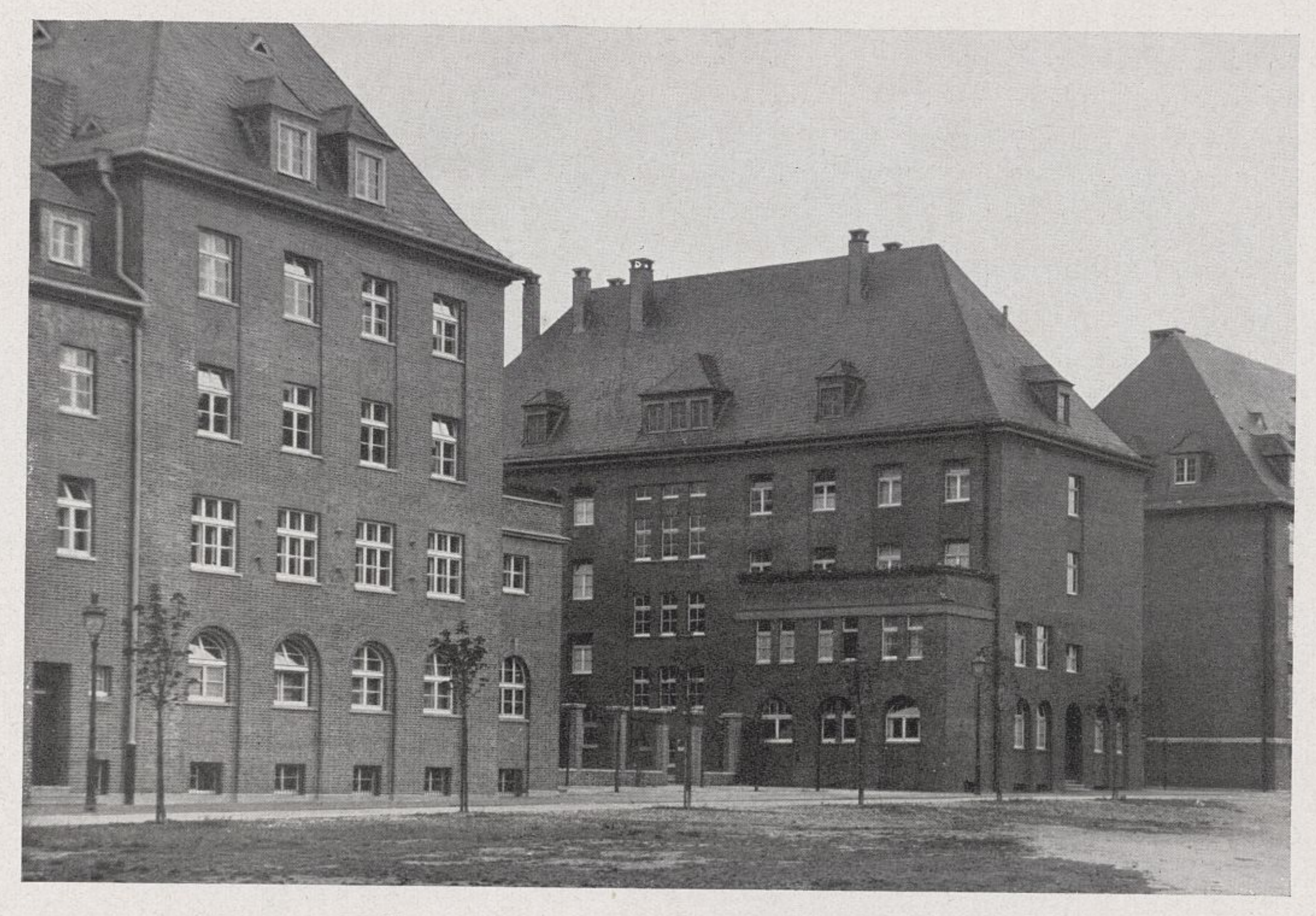
Bei dieser Gelegenheit seien auf S. 172 noch einige Abbildungen der am gleichen Orte errichteten Polizeiunterkunft mitgeteilt, die bei der Veröffentlichung in Heft 1/2 des Jahrgangs 1928 (S. 40 u. 45) noch nicht vollendet war. (Oertliche Bauleitung: Regierungsbaumeister R a d t k e.)



Sockelgeschoß.



Erdgeschoß.



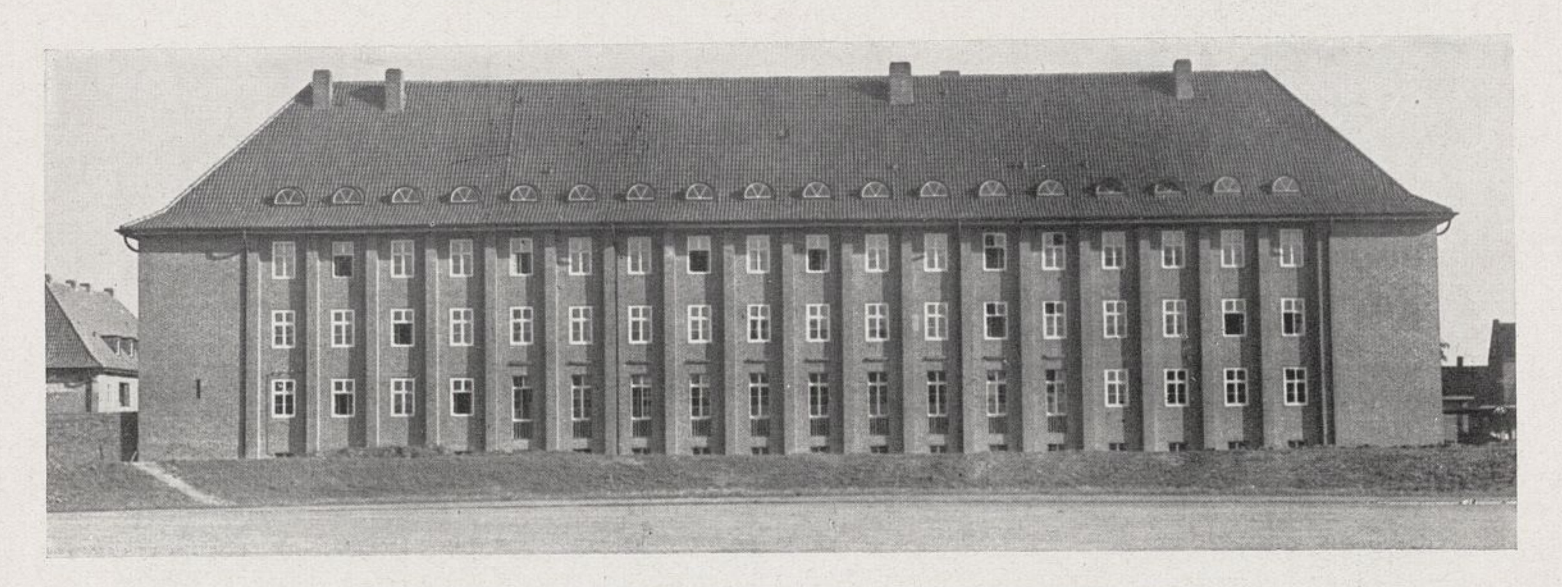
Hauptansicht. Links Polizeiamt, rechts Finanzamt.



Haupteingang.

POLIZEIUNTERKUNFT BOTTROP.

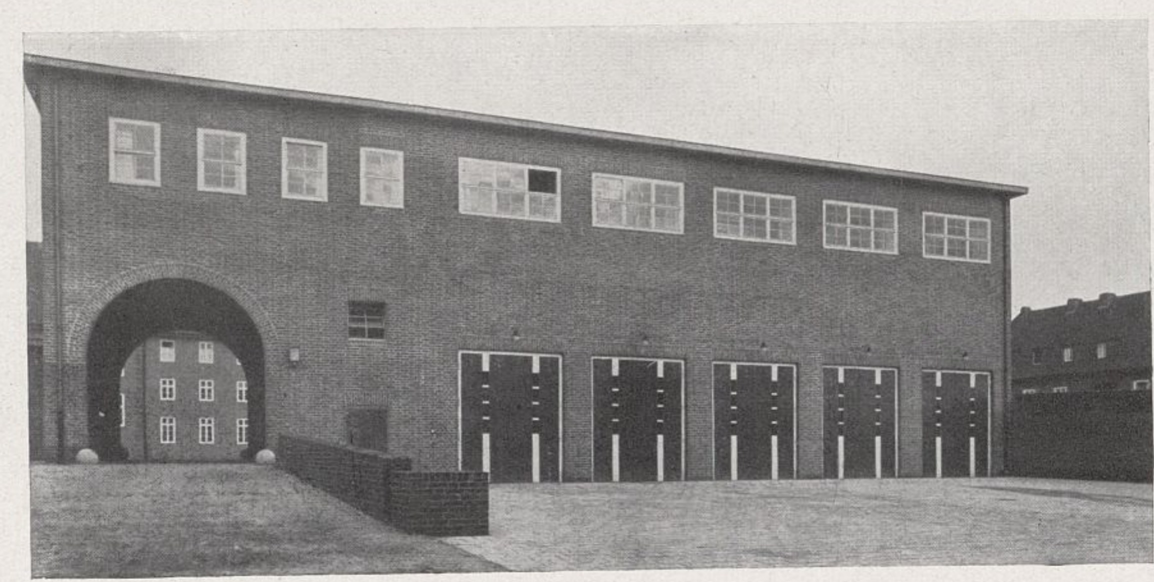
Oertliche Bauleitung: Regierungsbaumeister Radtke.



Hauptansicht (oben).



Straßeneinfahrt (links).



Kraftwagengebäude.

(Schluß folgt.)

Der Abflußvorgang des Regenwassers auf einer geneigten Ebene.

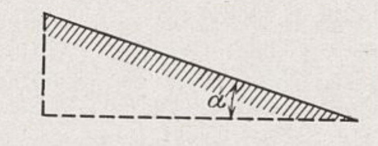
Von Alfred Vitols in Riga.

Die Frage des Abflusses des Regenwassers auf einer geneigten Ebene ist von O. Lueger in seinem bekannten kapitalen Werke: Die Wasserversorgung der Städte, Erste Abteilung, S. 192—196, seinerzeit gelöst worden. Folglich muß man mit einer kurzen Analyse dieser Lösung anfangen:

I. Luegers Verfahren zur Lösung der Aufgabe.

Die von Lueger gebrauchten Bezeichnungen sind:

a — die Länge des rechteckig gedachten Niederschlaggebietes (Abb. 1),



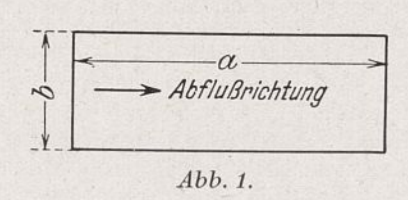


Abb. 1.

b — die Breite desselben,

α — das Gefälle auf die Längeneinheit in der Richtung von a,

h — die Wasserhöhe auf dem Flächenstreifen $a\,b$ zur Zeit t,

Q — die in jeder Sekunde auf die Fläche fallende Regenmenge,

V — die in jeder Sekunde in den Boden gleichmäßig versickernde Wassermenge bezogen auf die Fläche $a\,b$,

q — die von der Fläche $a\,b$ in jeder Sekunde abfließende Wassermenge.

Sofern von Verdunstung und Absorption durch die Pflanzen abgesehen wird, was bei anhaltendem Regen ohne erhebliche Fehler zulässig ist, besteht dann die Fundamentalbeziehung:

$$(Q-V-q)\,dt = ab\,dh, \tag{1}$$

welche besagt, daß die im Zeitelemente auf der Fläche $a\,b$ sich ansammelnde Wassermenge $ab \cdot dh$ gleich ist der im Zeitelemente auffallenden Regenmenge Qdt weniger der Infiltrationsmenge Vdt und der Abflußmenge qdt. Die Integration dieser Gleichung liefert:

$$t - t_0 = \int_{h_0}^{h} \frac{ab\,dh}{Q-V-q}. \tag{2}$$

Die Integration dieser Gleichung kann aber sofort vollzogen werden, sobald V und q als Funktionen von h gegeben sind, da Q einen konstanten Wert hat. Im folgenden werden von Lueger die Funktionen $V(h)$ und $q(h)$ gesucht.

Er setzt $V = \varphi a b h$ (3), wo φ der Porositätskoeffizient ist. Diese Formel wird durch eine Bemerkung unterstützt, welche lautet: „Wollny fand durch Versuche, daß das Wasser um so tiefer in den Boden einsinkt, je größer die Regenmenge ist, jedoch nicht proportional der letzteren, sondern bei dem feinkörnigen Material in einem schwächeren, bei dem grobkörnigen in einem stärkeren Verhältnisse. Unsere Annahme entspricht also einem Mittel; sie ist indessen durch andere Versuche bei der künstlichen Filtration gerechtfertigt".

Die zweite Funktion ist $q(h) = Fv$, wo F die Querschnittsfläche des Stromes und v die Geschwindigkeit desselben ist. Für v nimmt Lueger die Hypothese an: $v = kh\alpha$, wo k der betreffende Geschwindigkeitskoeffizient ist. Nach dieser Hypothese ist:

$$q = Fv = kbh^2\alpha. \tag{4}$$

Wenn man nun $(h)_{t_0=0} = 0$ setzt, so liefert die Gleichung (2):

$$t = ab\int_0^h \frac{dh}{Q-\varphi abh-kbh^2\alpha} = -\frac{a}{k\alpha}\int_0^h \frac{dh}{h^2+\frac{\varphi a\cdot h}{k\alpha}-\frac{Q}{bk\alpha}} =$$

$$= -\frac{a}{k\alpha}\int_0^h \frac{dh}{h^2+mh-n} =$$

$$= \frac{a}{k\alpha\sqrt{m^2+4n}}\, ln\, \frac{2\cdot n + h(\sqrt{m^2+4n}-m)}{2\cdot n - h(\sqrt{m^2+4n}+m)} \quad \text{(2 bis)},$$

wo vorläufig gesetzt worden ist: $m = \frac{\varphi a}{k\alpha}$, $n = \frac{Q}{kb\alpha}$.

Eine andere Gestalt der Gleichung (2 bis) ist:

$$h = \frac{2Q}{\varphi ab + \sqrt{\varphi^2a^2b^2+4Qkb\alpha}\left\{\dfrac{e^{t\cdot\sqrt{\varphi^2+\frac{4kQ\alpha}{a^2b}}}+1}{e^{t\cdot\sqrt{\varphi^2+\frac{4kQ\alpha}{a^2b}}}-1}\right\}} \tag{5}$$

Die Formel (5) wird von Lueger auf Grund folgender Erwägungen vereinfacht: nach Verlauf einer mäßig großen Zeit t wird der im Nenner von (5) stehende Ausdruck nahezu $= 1$ und man hat anstatt (5) für genügend lange anhaltenden Regen:

$$h = \frac{2Q}{\varphi ab}\cdot\frac{1}{1+\sqrt{1+\frac{4kQ\alpha}{\varphi^2a^2b}}}. \tag{5a}$$

Der Ausdruck $\frac{Q}{ab}$ hat eine bestimmte physikalische Bedeutung; er bedeutet die sogenannte Regenintensität, für die Lueger die Bezeichnung M einführt: $M = \frac{Q}{ab}$. Nach Einführung dieser Größe können (5) und (5a) folgendermaßen umgeschrieben werden:

$$h = \frac{2M}{\varphi + \sqrt{\varphi^2+\frac{4kM\alpha}{a}}\left\{\dfrac{e^{t\sqrt{\varphi^2+\frac{4kM\alpha}{a}}}+1}{e^{t\sqrt{\varphi^2+\frac{4kM\alpha}{a}}}-1}\right\}} \tag{6}$$

und

$$h = \frac{2M}{\varphi}\,\frac{1}{1+\sqrt{1+\frac{4kM\alpha}{\varphi^2 a}}} \tag{6a}$$

Der Ausdruck (6a) gibt

$$(h)_{\alpha=\infty} = \frac{2M}{\varphi}\left(\frac{1}{1+\sqrt{1+\frac{4kM\alpha}{\varphi^2a}}}\right)_{\alpha=\infty} = \frac{M}{\varphi}.$$

Ebenfalls auch:

$$(h)_{\alpha=0} = \frac{2M}{\varphi}\left(\frac{1}{1+\sqrt{1+\frac{4kM\alpha}{\varphi^2 a}}}\right)_{\alpha=0} = \frac{M}{\varphi},$$

d. h. bei sehr großer Ausdehnung des Niederschlaggebietes oder auch auf ganz horizontalen Ebenen nähert sich die Stromtiefe dem Werte $\frac{M}{\varphi}$.

In beiden Fällen erreicht laut (3) die versickerte Wassermenge V den Wert

$$V = \varphi abh = \varphi ab\frac{M}{\varphi} = Mab = Q,$$

d. h. die ganze Regenmenge versickert.

Im Falle eines vollständig undurchlässigen Bodens, wenn $\varphi = 0$ ist, hat man nach (6):

$$(h)_{\varphi=0} = \sqrt{\frac{Ma}{k\alpha}}\,\frac{e^{t\sqrt{\frac{4kM\alpha}{a}}}-1}{e^{t\sqrt{\frac{4kM\alpha}{a}}}+1} \qquad (7)$$

und bei $\alpha = 0$:

$$(h)_{\substack{\varphi=0\\ \alpha=0}} = \left\{\sqrt{\frac{Ma}{k\alpha}}\,\frac{e^{t\sqrt{\frac{4kM\alpha}{a}}}-1}{e^{t\sqrt{\frac{4kM\alpha}{a}}}+1}\right\}_{\alpha=0} = Mt. \qquad (7a)$$

Im letzten Falle ist man zu der Füllung eines Fasses gelangt.

Lueger verfolgt den Abflußvorgang auch nach dem Aufhören des Regens und gelangt zu folgenden Resultaten:

Wenn der Regen aufhört, genügt es $Q = 0$ in (2) zu setzen, wonach

$$T = t' - t_1 = \int_{h_1}^{h'} \frac{abdh}{-V-q} = \int_{h'}^{h_1} \frac{abdh}{V+q},$$

wo h_1 die Stromtiefe in dem Momente t_1 und h' dieselbe im Momente t' ist. Wenn man die Werte von V und q einsetzt, so hat man:

$$T = \int_{h'}^{h_1} \frac{abdh}{\varphi abh + kbh^2\alpha} = \frac{1}{\varphi}\cdot ln\frac{h'h_1 + h_1 m}{h'h_1 + h'm}, \qquad (8)$$

wo $m = \frac{\varphi a}{k\alpha}$. Für einen undurchlässigen Boden, $\varphi = 0$, liefert die Gleichung (8):

$$(T)_{\varphi=0} = \frac{a}{k\alpha}\int_{h'}^{h_1}\frac{dh}{h^2} = a\frac{(h_1 - h')}{k\alpha h' h_1}. \qquad (9)$$

Die beiden letzten Ausdrücke (8) und (9) zeigen, daß erst nach unendlich großer Zeit $h' = 0$ wird. Dagegen ist die notwendige Zeitdauer, um die Stromtiefe von h_1 bis h' herabzusetzen, für einen durchlässigen und undurchlässigen Boden sehr verschieden. Um dieses zu zeigen, bedient sich Lueger folgenden Zahlenbeispiels: $k = 100\ \text{sek}^{-1}$, $a = 1000$ m, $\alpha = 0{,}05$, $h_1 = 0{,}01$ m, $h' = 0{,}001$ m. Wie man sieht, handelt es sich hier um das Herabsetzen der Stromtiefe von $h_1 = 10$ mm bis auf $h' = 1$ mm, was praktisch dem vollständigen Verschwinden des Stromes gleichbedeutend ist, da ja der letzte mm auf Kosten der Verdunstung kommen könnte.

An Hand dieser Zahlen hat man mit $\varphi = 0{,}01$:

a) Für den durchlässigen Boden:

$$T = 100\, ln\left[\frac{0{,}01\cdot 0{,}001 - 2\cdot 0{,}010}{0{,}01\cdot 0{,}001 - 2\cdot 0{,}001}\right] = 230\ \text{sek} = \approx 4\ \text{Min.}$$

b) Für den undurchlässigen Boden ($\varphi = 0$):

$$T = 200\cdot\frac{0{,}010 - 0{,}001}{0{,}010\ \cdot\ 0{,}001} = 180\,000\ \text{sek} = 50\ \text{Stunden.}$$

Es dauert also die Benetzung auf dem undurchlässigen Boden ca. 800 mal länger als auf dem durchlässigen Boden von der unterstellten Beschaffenheit, wenn man annimmt, daß der letzte Millimeter durch Verdunstung verschwindet. Im übrigen ergibt sich ein verhältnismäßig sehr rasches Versickern der Wasseransammlung über durchlässigem Gelände.

Wir beschränken uns auf das Wesentlichste aus der Theorie Luegers und wollen bemerken, daß Lueger seine Theorie mit folgenden Worten schließt: „Kurz, unsere Rechnung ist für andauernde gleichmäßige Niederschläge anwendbar, muß aber in allen anderen Fällen mit weiteren, theoretisch nicht ausdrückbaren Erwägungen Hand in Hand gehen."

Wir wollen nun vorläufig die Schlüsse, zu denen Lueger im Einklang mit seiner Theorie gelangt ist, außer acht lassen und wollen zuerst die mathematisch-analytische und die mechanische Seite seines Verfahrens ein wenig prüfen. In dieser Hinsicht lassen sich gegen das Verfahren folgende Einwände erheben. Erstens scheint in der Gleichung (1) eine willkürliche, wenig begründete Hypothese zu stecken, die vom Autor dieser Theorie stillschweigend angenommen ist; nämlich, der Aufbau der Gleichung (1) besagt, daß der Zuwachs der Tiefe h, dh überall im ganzen Terrain gleichmäßig vorausgesetzt ist, was ja nicht dem Wesen der Erscheinung entspricht. Weiter scheint die Hypothese $v = kh\alpha$ auch wenig real zu sein, denn es ist kaum zu denken, daß der Abfluß des Regens der schichtenweisen (laminaren) Stromart folgen würde. Man kann sich aber wohl leicht vorstellen, daß Lueger diese einfache Hypothese gewählt hat, um mathematisch-analytische Schwierigkeiten zu umgehen. Wenn man von der bekannten Bazinschen Fließformel $v = \frac{87\sqrt{Ri}}{1+\frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$ ausgehen wollte, so könnte man diese Formel für einen Strom in dünner Schicht vereinfachen, indem man im Nenner $\sqrt{R}$ im Verhältnis zu γ weglassen könnte, was dann für den Abfluß in dünner Schicht geben würde:

$$v = \frac{87\sqrt{Ri}}{1+\frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \approx \frac{87R\sqrt{i}}{\gamma} = \frac{87h\sqrt{i}}{\gamma}.$$

Diese Formel in der Gestalt $v = kh\sqrt{\sin\alpha}$ ($\sin\alpha$ anstatt α, weil das Gefälle natürlicher Abhänge manchmal erheblich ist) scheint brauchbar zu sein, wenigstens hat sie sich in 6 Fällen der berechneten Durchflußmengen für entsprechende Durchlässe einer südrussischen Eisenbahn genügend bewährt, die zur Verfügung des Autors standen. Die Schwierigkeiten der Aufstellung einer Fließformel für mit Gras und Unebenheiten verschiedener Art bedeckte geneigte Ebenen, wie dies die natürlichen Abhänge sind, ist einleuchtend. Es sei hier der Vorschlag von K. E. Ney erwähnt (Die Gesetze der Wasserbewegung im Gebirge), der darin besteht, daß eine Grundfließformel in der Form: $v = 36\sqrt{h\sin\alpha}$ gegeben wird, die für eine glatte Ebene gelten soll. Um nun dem Einflusse des die geneigte Ebene bedeckenden Aufwuchses Rechnung zu tragen, wird die wirkliche Trajectorie eines Wasserteilchens in Betracht gezogen. Dieselbe ist eine zickzackförmige Linie, weil die dem Wasserteilchen im Wege stehenden Grasstengel umlaufen werden müssen, wodurch das Gefälle i im Verhältnis $l:\cos\beta$ kleiner wird, wo β der Ablenkungswinkel ist, dessen Wert von Ney $\beta = 45°$ gesetzt wird. Außerdem verlängert sich dadurch auch der Gesamtabflußweg, der jetzt $\frac{B}{\cos\beta}$ anstatt B wird. Für mit Moos bedeckte Abhänge schlägt Ney $v = 24\sqrt{h\sin\alpha}$ als Grundformel vor. Der Autor unterläßt es hier, ein Urteil über die Neyschen Formeln auszusprechen. Auf die Frage, inwiefern überhaupt eine eingliedrige Fließformel für den Regenabfluß gültig ist, werden wir noch zurückkommen.

Wir gehen auf den Ausdruck $V = \varphi abh$ über, welcher das Versickern charakterisiert. Die Art der Funktion $V(h)$ scheint nicht zweckmäßig gewählt zu sein. Es scheint, daß

diese Funktionsart für den Fall einer endlich langen Bodensäule richtig wäre: Die Erstreckung des Unterbodens natürlicher Abhänge dagegen müßte theoretisch unendlich angenommen werden. Der Autor dieser Abhandlung hat sich mit dieser Frage befaßt, und die Resultate seiner Forschung sind in den „Acta Universitatis Latviensis XIV 1926 Riga" unter der Aufschrift: „Quelques remarques sur l'infiltration des eaux superficielles" publiziert. Dieser Forschung nach wäre praktisch richtiger die Versickerungsintensität konstant zu setzen.

Trotz der oben aufgezählten Einwände, die sich auf die mechanisch-analytische Seite der Forschung Luegers beziehen, wollen wir seine Folgerungen vorläufig nicht bezweifeln, bis wir nicht eine neue Theorie aufgestellt haben, die möglichst keine willkürlichen Hypothesen enthält und die mit der gegenwärtigen Hydraulik in Einklang ist. Wir gehen auf diese Theorie über.

II. Das Verfahren des Autors zur Lösung der Aufgabe.

Um die Bezeichnungen verschiedener Größen in Einklang mit denen zu bringen, die vom Autor in seinen früheren Abhandlungen gebraucht sind, werden hier folgende angenommen:

Δ_0 = (M nach Lueger) die konstante Regenintensität,
w_0 = die konstante Versickerungsintensität,
q = die Durchflußmenge auf die Strombreite 1 bezogen,
x = die horizontale Projektion des von einem Wasserteilchen zurückgelegten Weges in der Richtung des gemeinsamen Abflusses (s. die Abb. Nr. 5),
y = die Länge des Kollektors, der das von den Abhängen abgeflossene Wasser sammelt und es in der Richtung des Talweges weiter fördert,
t = die Zeit vom Anfange des Abflusses des Regenwassers gezählt,
t' = dieselbe vom Momente des Aufhörens des Regens gezählt,
τ_0 = die Gesamtdauer des Regens,
h' = die Stromtiefe nach dem Aufhören des Regens.

A. Der Prozeß bis zum Ende des Regens.

Aufstellung der fundamentalen Differentialgleichung für die Bewegung eines Wasserteilchens.

Wir wollen ein Stromelement betrachten mit der Breite 1, abgegrenzt durch die Querschnitte AB und CD, die voneinander um ds in der Stromrichtung entfernt sind (s. Abb. 2). Das Stromelement befindet sich in unendlicher Entfernung von den Seitengrenzen und ebenso auch in unendlicher Entfernung vom Kollektor der vom Regen benetzten Ebene. Das Befinden des Elementes unendlich weit vom oberen Bassinrande ist nicht unbedingt nötig. Praktisch werden die gewonnenen Resultate für ein genügend großes Terrain Geltung haben. Wenn die Seitengrenzen durch Seitenwände ersetzt sind, fällt die aufgestellte Bedingung für die unendlich entfernten

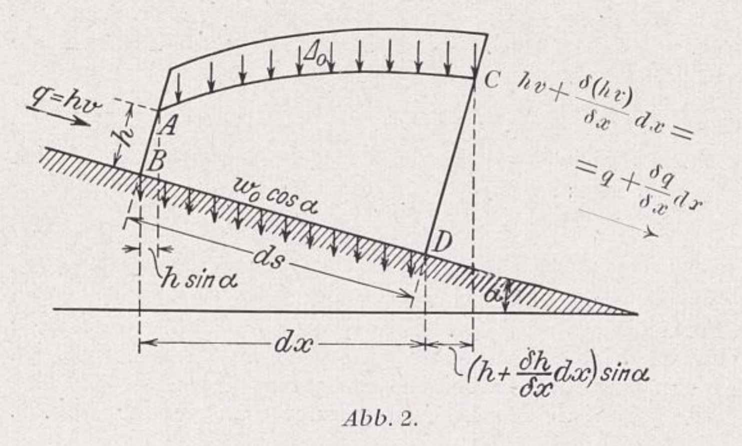


Abb. 2.

Seitengrenzen weg. Dieses Element empfängt durch den Schnitt AB die Durchflußmenge $q = hv$ und gibt in der Zeit 1, $q + \frac{\partial q}{\partial x} dx = hv + \frac{\partial (hv)}{\partial x} dx$, durch den Schnitt CD ab. Im selben Zeitraume gibt der Regen, dessen gleichmäßige Stärke (Intensität) Δ_0 ist, die Zuflußmenge

$$\left\{dx + \left(h + \frac{\partial h}{\partial x} dx\right)\sin\alpha - h\sin\alpha\right\}\Delta_0 = \Delta_0\left(1 + \frac{\partial h}{\partial x}\sin\alpha\right)dx,$$

welche von oben durch die Fläche AC in das Element eindringt. Wenn nun der Boden durchlässig vorausgesetzt wird, so verliert das Element durch Versickerung in den Boden die Menge $w_0 dx$. In dem Zeitraume dt hat das Stromelement

aufgenommen die Menge $\left\{hv + \Delta_0\left(1 + \frac{\partial h}{\partial x}\sin\alpha\right) dx\right\} dt$,

dagegen aber abgegeben: $\left(hv + \frac{\partial (hv)}{\partial x} \cdot dx + w_0 dx\right) dt$.

Daher ist in dem Volumen $ABCD$ die Menge zurückgehalten:

$$\left\{hv + \Delta_0\left(1 + \frac{\partial h}{\partial x}\sin\alpha\right)dx - \left(hv + \frac{\partial (hv)}{\partial x} dx\right) - w_0 dx\right\} dt =$$
$$= \left\{\Delta_0\left(1 + \frac{\partial h}{\partial x}\sin\alpha\right) - \frac{\partial (hv)}{\partial x} - w_0\right\} dx\,dt.$$

Da das Wasser nicht zusammendrückbar ist, muß das Volumen den entsprechenden Zuwachs erfahren, folglich

$$\left\{\Delta_0\left(1 + \frac{\partial h}{\partial x}\sin\alpha\right) - \frac{\partial (hv)}{\partial x} - w_0\right\} dx\,dt = \frac{\partial h\,dt\,dx}{\partial t \cdot \cos\alpha},$$

oder

$$\frac{\partial (hv)}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial t \cdot \cos\alpha} = \Delta_0\left(1 + \frac{\partial h}{\partial x}\sin\alpha\right) - w_0. \tag{10}$$

Die einzige Vereinfachung dieser Differentialgleichung bestehe darin, daß wir $\frac{\partial h}{\partial x} \cdot \sin\alpha$ im Verhältnis zu 1 weglassen. Nach dieser Vereinfachung gelangen wir zu der partiellen Differentialgleichung ersten Grades:

$$\frac{\partial (hv)}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial t \cdot \cos\alpha} = (\Delta_0 - w_0) \tag{11}$$

oder, da $dx = ds\cos\alpha$ ist:

$$\frac{\partial (hv)}{\partial s} + \frac{\partial h}{\partial t} = (\Delta_0 - w_0)\cos\alpha = \Delta_n \cos\alpha \tag{11 bis}$$

wo $\Delta_n = (\Delta_0 - w_0)$ ist (Δ_n ist die Regenintensität netto auf einen durchlässigen Boden).

Diese Differentialgleichung enthält die veränderlichen Größen h, v, x, t. Es bleibt noch unausgenutzt die Bernoullische Gleichung für die mit der Zeit veränderliche (astationäre) Bewegung, die in ihrer allgemeinsten Gestalt lautet:

$$\left.\begin{aligned}\sin\alpha - \frac{\partial h}{\partial s} - \frac{v}{kh} - \frac{\partial}{\partial s}\left[\frac{\lambda' h}{g}\left\{\frac{\partial^2 h}{\partial t^2} + 2\lambda v \frac{\partial^2 h}{\partial s \cdot \partial t} + \right.\right.\\ \left.\left. + \lambda^2 v^2 \left(\frac{\partial^2 h}{\partial s^2} - \frac{\partial \sin\alpha}{\partial s}\right)\right\}\right] = \nu \frac{\partial}{\partial s}\left(\frac{v'}{2g}\right) + \frac{\nu' \partial v}{g \partial t}\end{aligned}\right\} \tag{12}$$

(siehe R. v. Mises, Elemente der Technischen Hydromechanik, 1914, S. 196, mit entsprechender Aenderung r in h und α in $\sin\alpha$). Wir wollen vor allen Dingen ein gleichmäßiges Gefälle, $\sin\alpha$ = konstant, voraussetzen, was nach sich zieht: $\frac{\partial \sin\alpha}{\partial s} = 0$. Die Größen k, λ', λ, ν und ν' müssen noch erläutert werden. k ist hier der Chezysche Koeffizient für die Formel $v = kh\sin\alpha$, λ ist ein Zahlenfaktor > 1, mittels dessen die Geschwindigkeit v_0 eines Wasserteilchens auf der gekrümmten Stromoberfläche durch die mittlere Stromgeschwindigkeit v ausgedrückt werden kann ($v_0 = \lambda v$), λ' ist ein echter Bruch, dessen Aufgabe ist, den Mittelwert der statischen Höhe für den Querschnitt zu liefern, die der durch die Krümmung der Stromfäden entstandenen Zentripetal-Beschleunigung zu verdanken ist. ν ist der sogenannte Coriolissche Koeffizient, dessen Aufgabe ist, die durch die mittlere Stromgeschwindigkeit v ausgedrückte kinetische Energie des ganzen Stromquerschnittes zu korrigieren; ν' ist ein Zahlenfaktor, welcher die durch die mittlere Geschwindigkeit v ausgedrückte Bewegungsgröße des ganzen Strom-

querschnittes korrigiert. Der Zusammenhang zwischen ν und ν' ist gegeben durch $\nu' = 1 + \frac{\nu - 1}{3}$ und die mittleren Zahlengrößen der hier angeführten Faktoren sind: $\nu = 1{,}1$; $\nu' = 1 + \frac{0{,}1}{3} = 1{,}03$; $\lambda'\lambda = \mu = \frac{1}{3}$.

Wenn man nun die Hypothese Luegers, $v = kh\alpha$, mit der Gleichung (12) vergleicht, so sieht man, daß $v = kh\alpha$ aus (12) durch Vernachlässigung aller Glieder mit Ausnahme des ersten und des dritten und durch Annahme des laminaren Abflußgesetzes dh_w (die verbrauchte hydraulische Höhe) $= \frac{v\,ds}{kh}$, woraus $v = kh\alpha$ folgt, entstanden ist.

Es scheint nun, daß unter Vorbehalt ihres den Abflußverhältnissen angepaßten Ausdruckes die Hypothese Luegers in ihrer eingliedrigen Gestalt für genug große $\sin\alpha$, wie dies gewöhnlich beim Abfluß des Regenwassers vorkommt, annehmbar ist. Denn Delemer hat bemerkt, daß für Flüsse mit bedeutender Bodenneigung, wie dies zum Beispiel die Ardèche, der rechte Nebenfluß der Rhone ist, die Glieder der Gleichung (12), die $\frac{\partial v}{\partial s}$ und $\frac{\partial v}{\partial t}$ enthalten, im Vergleich zu dem Widerstandsgliede $\frac{v}{kh}$ klein sind. Was aber den Ausdruck für die Oberflächenkrümmung des Stromes anbelangt, so scheint es, daß kein besonderer Grund vorliegt, denselben zu berücksichtigen, denn es bildet sich im Anfangsmoment ein sehr dünner Strom, der den ganzen Abhang des Bassins gleichmäßig bedeckt, und die Störung dieses Stromes beginnt erst vom Rande des Bassins mit einer sehr kleinen Welle. Folglich sind wir zu der Einsicht gelangt, daß man anstatt der Differentialgleichung der astationären Bewegung die der stationären gebrauchen kann, was gleichbedeutend mit der Annahme ist:

1. daß die Aenderung der Tiefen des Stromes sehr langsam von einem Punkte zum andern vor sich geht;
2. daß einer bestimmten Stromtiefe eine bestimmte Abflußmenge entspricht;
3. daß die maxima der Geschwindigkeit der Abflußmenge und der Tiefe in einem Punkte des Stromes gleichzeitig sind. Diese Bewegung, die sehr ähnlich der stationären Bewegung ist, ist von Boussinesq schon behandelt worden, der sie „quasi permanent" genannt hat.

Wir werden aber auch sehen, daß für eine gewisse Bewegungsform auch die exakte Form der Gleichung (12) ausgenutzt werden kann, ohne die Bewegung als „quasi permanent" zu behandeln.

Wir gehen zu der Integrierung des Systems der Gleichungen (11) und (12) über. Die Gleichung (11) kann nun, mit Heranziehung der Formel $v = kh\sin\alpha$, in der Form

$$\frac{\partial(hv)}{\partial s} + \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial(kh^2\sin\alpha)}{\partial s} + \frac{\partial h}{\partial t} =$$
$$= 2k\sin\alpha\frac{h\partial h}{\partial s} + \frac{\partial h}{\partial t} = \Delta_n\cos\alpha \quad (13)$$

gegeben werden. Dann ist das Integral der (11) durch das System simultaner Gleichungen

$$\frac{ds}{2\,kh\sin\alpha} = \frac{dt}{1} = \frac{dh}{\Delta_n\cos\alpha} \quad (14)$$

bestimmt.

Aus (14) folgt erstens:

$$\frac{dt}{1} = \frac{dh}{\Delta_n\cos\alpha}, \quad h = \Delta_n t\cdot\cos\alpha + C_1.$$

Da bei $t = 0$, auch $h = 0$, folgt:

$$h = \Delta_n t\cdot\cos\alpha. \quad (15)$$

Diesem Resultate entspricht $\frac{\partial h}{\partial s} = 0$, und die exakte Form der Gleichung (12) geht für diese Lösung über in:

$$\sin\alpha - \frac{v}{kh} = \frac{\nu'\partial v}{g\partial t},$$

oder da $h = \Delta_n t\cdot\cos\alpha$ ist,

$$\sin\alpha \quad \frac{v}{kt\Delta_n\cos\alpha} = \frac{\nu'}{g}\frac{dv}{dt}, \quad t - \frac{v}{k\sin\alpha\cos\alpha\cdot\Delta_n} = \frac{\nu' t}{g\sin\alpha}\frac{dv}{dt}.$$

Setzen wir: $\frac{1}{k\Delta_n\sin\alpha\cos\alpha} = b$, $\frac{\nu'}{g\sin\alpha} = a$, dann ist $t - bv = at\frac{dv}{dt}$; $(t - bv)dt = at\,dv$. Wir setzen weiter $v = ut$, wo u eine neue veränderliche Größe ist, dann ist $dv = udt + tdu$, $(t - but)dt = t(1 - bu)dt = at(udt + tdu)$; $(1 - bu)dt = a(udt + tdu)$;

$$[1 - (a + b)u]dt = at\,du, \quad \frac{dt}{t} = \frac{a\,du}{1 - (a + b)u};$$

$$d\ln t = \frac{-a}{a + b}\,d\ln[1 - (a + b)u];$$

$$\ln t + \ln k = \ln kt = \frac{-a}{a + b}\cdot\ln[1 - (a + b)u].$$

$$kt = [1 - (a + b)u]^{\frac{-a}{a+b}} = \left[1 - (a + b)\frac{v}{t}\right]^{\frac{-a}{a+b}},$$

wo k eine Integrationskonstante ist, deren Bestimmung von den Anfangsverhältnissen abhängt.

Die gewonnene Gleichung kann weiter umgestaltet werden:

$$kt^{1 - \frac{a}{a+b}} = kt^{\frac{b}{a+b}} = [t - (a + b)v]^{\frac{-a}{a+b}};$$

$$kt^{\frac{b}{a+b}}[t - (a + b)v]^{\frac{a}{a+b}} = 1, \quad k^{a+b}\cdot t^b[t - (a + b)v]^a = 1;$$
$$t^b[t - (a + b)v]^a = C.$$

Bei $t = 0$ aber ist auch $v = 0$, weshalb $C = 0$,

$$t^b[t - (a + b)v]^a = 0$$

und

$$t - (a + b)v = 0, \quad v = \frac{t}{a + b}. \quad (16)$$

Nach Ausschließung der Zeit t aus (15) und (16) hat man:

$$v = \frac{h}{\Delta_n(a + b)\cos\alpha} = \frac{h}{\Delta_n\left(\frac{\nu'}{g\sin\alpha} + \frac{1}{k\Delta_n\sin\alpha\cos\alpha}\right)\cos\alpha} =$$
$$= \frac{g}{\nu' k\Delta_n\cos\alpha + g}\cdot kh\sin\alpha = \beta kh\sin\alpha, \ldots \quad (17)$$

wo $\beta = \frac{1}{\frac{\nu' k\Delta_n\cos\alpha}{g} + 1}$.

Wenn man nun diese Formel mit der Luegerschen Fließformel $v = kh\sin\alpha$ vergleicht, so kommt man zu der Einsicht, daß die exakte Lösung der Aufgabe für eine von den Abflußformen die Einführung eines korrigierenden Koeffizienten $\frac{1}{\frac{\nu' k\Delta_n\cos\alpha}{g} + 1} < 1$ verlangt. Da Regen mit der Intensität 2 mm/min $= \frac{2}{1000\cdot 60}$ m/sek zu starken gezählt werden müssen, so sieht man wohl ein, daß der korrigierende Koeffizient sich wenig von 1 unterscheidet, weshalb für die betrachtete Form des Abflußstromes wohl $v = kh\sin\alpha$ mit genügender Genauigkeit gesetzt werden kann. Ganz im Anfange der Abflußerscheinung erstreckt sich die betrachtete Form des Abflußstromes über das ganze Gebiet, und eine Störung dieser Abflußart beginnt erst vom Anfange des Abflußgebietes — dem Bassinrande.

Wir gehen zu der Untersuchung der zweiten Bewegungsform über. Diese Form ist gegeben durch die Gleichung (14):

$$\frac{ds}{2kh\sin\alpha} = \frac{dh}{\Delta_n\cos\alpha}, \quad ds = \frac{2khdh\sin\alpha}{\Delta_n\cos\alpha}; \quad s = \frac{kh^2\sin\alpha}{\Delta_n\cos\alpha} + C_2,$$

$s\Delta_n\cos\alpha = kh^2\sin\alpha$, da für $s = 0$ auch $h = 0$, folglich $C_2 = 0$, und:

$$s = \frac{kh^2\sin\alpha}{\Delta_n\cos\alpha} = \frac{kh^2}{\Delta_n}\operatorname{tg}\alpha. \quad (18)$$

Diese Gleichung charakterisiert die zweite Niveauform des Stromes, die zwischen dem Bassinrande und der ersten Form eingeschaltet ist. Wir sehen nun, daß die gesuchte zweite Niveauform durch eine Parabel repräsentiert ist. Wenn man nun die beiden gewonnenen Resultate (15) und (18) graphisch darstellt, so gelangt man zu der Abb. 3.

Die Abb. 3 zeigt, daß im Punkte B sich der Gipfel der Strömungswelle befindet, der sich mit einer gewissen Schnelligkeit fortpflanzt. Man sieht, daß die größte Länge der Strecke s, $\max s$, sich dadurch bestimmen läßt, daß man

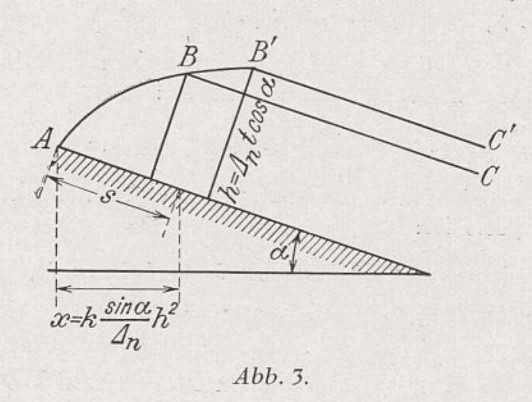


Abb. 3.

$t = t_0$, der ganzen Abflußdauer bis zum Ende des Regens setzt. Da $dx = ds\cos\alpha$, so kann man anstatt (18) schreiben

$$x = \frac{k\sin\alpha\cdot h^2}{\Delta_n} \quad \text{(18 bis)}.$$

Wir wollen jetzt die Bewegungsgleichung der Störung bestimmen, indem wir h aus den Gleichungen (15) und (18—bis) ausschließen; dann haben wir:

$$X_B = \frac{k\sin\alpha\cdot h_B^2}{\Delta_n} = \frac{k\sin\alpha}{\Delta_n}\Delta_n^2 t^2\cos^2\alpha = \Delta_n k\sin\alpha\cos^2\alpha\cdot t^2 =$$

$$= \Delta_n\frac{k\,2\sin\alpha\cdot\cos\alpha}{2}\cos\alpha\cdot t^2 = \Delta_n\frac{k\sin2\alpha}{2}\cos\alpha\cdot t^2 \quad . \; . \quad (19)$$

Die horizontale Projektion der Schnelligkeit der Störung ist:

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)_{B'} = \Delta_n t k\sin2\alpha\cos\alpha\cdot t. \quad (20)$$

Wir wollen nun die Elemente der Störung oberhalb und unterhalb des Wellengipfels B untersuchen.

Der allgemeine Ausdruck für die horizontale Projektion der Geschwindigkeit ist

$$\left(\frac{dx}{dt}\right) = v\cos\alpha = kh\sin\alpha\cos\alpha. \quad (21)$$

Die Gleichung der Kurve AB aber laut (18 bis) ist:

$$X = \frac{k\sin\alpha\cdot h_{AB}^2}{\Delta_n},$$

woraus folgt: $h_{AB} = \sqrt{\frac{\Delta_n X_{AB}}{k\sin\alpha}}$, und laut (21):

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)_{AB} = k\sin\alpha\cos\alpha\sqrt{\frac{\Delta_n X_{AB}}{k\sin\alpha}} = (k\sin\alpha\cdot\Delta_n)^{\frac{1}{2}}\cos\alpha\cdot X_{AB}^{\frac{1}{2}},$$

woraus folgt:

$$(k\sin\alpha\cdot\Delta_n)^{\frac{1}{2}}\cos\alpha\cdot dt = X_{AB}^{-\frac{1}{2}}\,dx_{AB}; \quad (k\Delta_n\sin\alpha)^{\frac{1}{2}}\cos\alpha\int dt =$$

$$= (k\Delta_n\sin\alpha)^{\frac{1}{2}}\cos\alpha\cdot t = \int_0^{X_{AB}} X_{AB}^{-\frac{1}{2}}\,dx_{AB} = 2\int_0^{X_{AB}} dx_{AB}^{\frac{1}{2}} = 2X_{AB}^{\frac{1}{2}},$$

und

$$X_{AB} = \frac{k\Delta_n\sin\alpha\cos^2\alpha\cdot t^2}{4} = \frac{k\Delta_n t^2\,2\sin\alpha\cos\alpha\cos\alpha}{8} =$$

$$= \frac{k\Delta_n t^2\cdot\sin2\alpha\cos\alpha}{8} \quad (22)$$

(Gleichung der Bewegung auf der Strecke AB). Aus (22) folgt $\left(\frac{dx}{dt}\right)_{AB}$, als Funktion der Zeit:

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)_{AB} = k\frac{\Delta_n\sin2\alpha\cos\alpha\cdot t}{4}. \quad (23)$$

Auf der Stromstrecke BC haben wir: $\left(\frac{dx}{dt}\right)_{BC} = v\cos\alpha$ [laut (21)] $= \beta kh\sin\alpha\cos\alpha$ [laut (17)] $= \beta\cdot\Delta_n\cdot kt\sin\alpha\cos\alpha\cos\alpha$ [laut (15)] $= \frac{\beta\cdot k\Delta_n\cdot t\sin2\alpha\cos\alpha}{2}$. (24)

Aus (24) folgt:

$$dx_{BC} = \frac{\beta k\Delta_n\sin2\alpha\cos\alpha\cdot t\,dt}{2};$$

$$\int_0^{x_{BC}} dx_{BC} = x_{BC} = \frac{\beta k\Delta_n\sin2\alpha\cos\alpha}{4}\int_0^t dt^2 = \frac{\beta k\Delta_n t^2\sin2\alpha\cos\alpha}{4} \quad (25)$$

Nebenbei wollen wir bemerken, daß die Bewegungsgleichungen der Art $x = f(t)$, wie dies (22) und (25) sind, die größte Bedeutung für die Praxis haben [1]).

Wenn man nun die Geschwindigkeiten nach (23) und (24) einerseits und die Schnelligkeit des Wellengipfels nach (20) anderseits vergleicht, so ist es einleuchtend, daß man sie der Größe nach folgenderweise rangieren kann:

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)_B = 2\left(\frac{dx}{dt}\right)_{BC} = 4\left(\frac{dx}{dt}\right)_{AB}, \text{ (wenn man } \beta = 1 \text{ setzt)},$$

d. h. ein Schwimmer, der sich auf der Stromstrecke BC bewegt, wird von dem Wellengipfel eingeholt und überholt.

B. Der Prozeß nach dem Aufhören des Regens.

I. Fall des undurchlässigen Bodens

$$(\Delta_n)_{w_0=0} = (\Delta_0 - w)_{w_0=0} = \Delta.$$

1. Aufstellung der Differentialgleichung.

Nach dem Aufhören des Regens ist $\Delta_0 = 0$, und daher gewinnt die Gleichung (11) die Gestalt:

$$\frac{\partial(h'v')}{\partial s} + \frac{\partial h'}{\partial t'} = 0, \quad (26)$$

wo h', v' und t' entsprechend, die Tiefe, die Geschwindigkeit und die Zeit nach dem Aufhören des Regens bedeuten.

Da $v = kh\sin\alpha$ ist, geht die Gleichung (26) über in: $2k\sin\alpha\cdot h'\frac{\partial h'}{\partial s} + \frac{\partial h'}{\partial t'} = 0$, und ihre Lösung ist durch das System simultaner Gleichungen gegeben:

$$\frac{ds}{2k\sin\alpha\cdot h'} = \frac{dt'}{1} = \frac{dh'}{0}, \quad (27)$$

woraus sofort folgt $dh' = 0$.

$$h' = C_1' \quad (28)$$

$$ds = 2k\sin\alpha\cdot h'dt' = 2k\sin\alpha\cdot C_1'\cdot dt', \quad s = 2k\sin\alpha\cdot C_1't' + C_2' \quad (29)$$

Um die Gestalt der willkürlichen Funktion $C_1' = \varphi(C_2')$ zu bestimmen, muß man die Anfangsbedingungen ausnutzen. Dieselben liefern:

$$(C_1')_{t_0'=0} = (h')_{t_0'=0} = h_0' = (h)_{t=t_0} = h_0 = \Delta_0\cos\alpha\cdot t_0, \quad (30)$$

wo t_0 die ganze Abflußdauer bis zum Ende des Regens, h_0, h_0' die Tiefe des Stromes am Ende des Regens im Scheitel der Störungswelle sind. Im allgemeinen muß man die ganze Abflußdauer t_0 bis zum Ende des Regens von der ganzen Regendauer τ_0 unterscheiden. Auf undurchlässigem Boden ist $\tau_0 = t_0$. Im Falle, wenn der Boden mit einer Vegetationsschicht bedeckt ist, die einen Teil des Regenwassers aufnimmt, ist $t_0 = \tau_0(1-\varepsilon)$, wo ε der Akkumulationskoeffizient ist.

Aus (29) hat man:

$$(s - 2k\sin\alpha\cdot C_1't')_{t_0'=0} = (s)_{t_0'=0} = (C_2')_{t_0'=0}. \quad (31)$$

Für das Ende des Regens hat man aber auch aus (18)

$$(s)_{t=t_0'} = (s)_{t_0'=0} = \frac{k\sin\alpha}{\Delta_0\cos\alpha}(h^2)_{t=t_0} = \frac{k\sin\alpha}{\Delta_0\cos\alpha}h_0^2 = \frac{k\sin\alpha}{\Delta\cos\alpha}h_0'^2.$$

Jetzt hat man das System der Bedingungen: $(h')_{t_0'=0} = h_0' = (C_1')_{t_0'=0}$ (30),

$$(s)_{t_0'=0} = \frac{k\sin\cdot\alpha h_0'^2}{\Delta_0\cos\alpha} = (C_2')_{t_0'=0}. \quad (30)$$

Aus diesem System folgt: $(C_2')_{t_0'=0} = \frac{k\sin\alpha}{\Delta_0\cos\alpha}(C_1'^2)_{t_0'=0}$. Da aber C_1' und C_2' konstante Größen sind, deren Werte

[1]) Näheres hierüber: A. Vitols: Essai d'établissement d'une théorie de l'écoulement des eaux pluviales, Acta Universitatis Latviensis IV. 1922.

von den Werten der veränderlichen Größen h, t und s nicht mehr abhängen, so hat man mit (28) und (29)

$$C_2' = s - 2k\sin\alpha \cdot C_1' t' = s - 2k\sin\alpha \cdot h't' =$$
$$= \frac{k\sin\alpha}{\Delta_0\cos\alpha} C_1'^2 = \frac{k\sin\alpha \cdot h'^2}{\Delta_0\cos\alpha}$$

oder:

$$s = \frac{k\sin\alpha \cdot h'^2}{\Delta_0\cos\alpha} + 2k\sin\alpha \cdot h't',$$

oder auch, da $x = s\cos\alpha$ ist:

$$X_{AB} = \frac{k\sin\alpha \cdot h'^2}{\Delta_0} + 2k\sin\alpha\cos\alpha \cdot h't'. \quad (32)$$

2. Interpretation der gewonnenen Resultate und Zahlenbeispiel.

Nach dem Ende des Regens, im gestörten Strömungsgebiete AB wird h' abhängig von t', was für die erste Periode — die Periode des Regens — nicht galt.

Wenn man die Resultate geometrisch interpretiert, so gelangt man zu der Abb. 4.

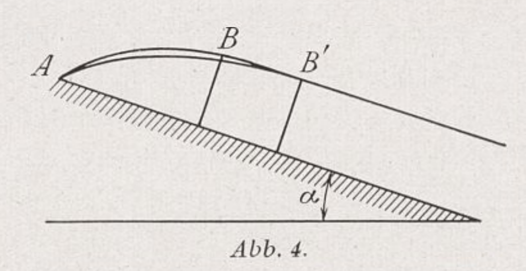


Abb. 4.

Die Gleichung (32) zeigt, daß für einen gegebenen Wert von s $h' = 0$ wird, wenn $t' = \infty$. Dieses scheint das einzig Gemeinsame mit der Luegerschen Lösung zu sein.

Für einen gegebenen Stromquerschnitt hat man für zwei Momente t' und t_1'

$$s_0 = \frac{k\sin\alpha \cdot h'^2}{\Delta_0\cos\alpha} + 2k\sin\alpha \cdot h't', \quad s_0 = \frac{k\sin\alpha \cdot h_1'^2}{\Delta_0\cos\alpha} + 2k\sin\alpha \cdot h_1' \cdot t_1'.$$

Wenn man s_0 ausschließt, so bekommt man:

$$\frac{k\sin\alpha}{\Delta_0\cos\alpha}\left(h'^2 - h_1'^2\right) + 2k\sin\alpha \cdot \left(h't' - h_1't_1'\right) = 0,$$

oder

$$\left(h'^2 - h_1'^2\right) + 2\Delta_0\cos\alpha \cdot \left(h't' - h_1't_1'\right) = 0 \quad (33)$$

anstatt (9) von Lueger. Man sieht nun, daß unsere Lösung im Vergleich zu derjenigen von Lueger den Koeffizienten k nicht enthält. Anstatt dessen ist in der Formel (33) eine neue Größe, nämlich Δ_0 enthalten. Dieser Umstand macht die Formeln (9) und (33) unvergleichbar. Wir wollen dennoch auf Grund von (33) zu einem Zahlenresultat gelangen, indem wir für h' und t' dieselben Zahlengrößen wählen, wie Lueger.

Die Luegerschen Werte für h' sind: $h' = 0{,}010$ m, $h_1' = 0{,}001$ m, $\alpha = 30^0$. Dann ist laut (33):

$$10^{-4} - 10^{-6} - \frac{2\Delta_0\sqrt{3}}{2} \cdot 10^{-3} \cdot t_1' = 0, \quad t_1' = \frac{33\sqrt{3}}{10^3\Delta_0}.$$

Im Falle eines starken Regens mit der Intensität

$$\Delta_0 = 2\text{ mm/min} = \frac{2}{1000 \cdot 60}\text{ m/sek} = 3^{-1} \cdot 10^{-4}$$

würde man haben:

$$t_1' = \frac{33 \cdot \sqrt{3}\text{ m/sek}}{10^3 \cdot 3^{-1} 10^{-4}} = 33 \cdot 3 \cdot \sqrt{3} \cdot 10\text{ sek} = 1715\text{ sek} \approx 30\text{ Min.}$$

Ein viermal schwächerer Regen, $\Delta_0 = 0{,}5$ mm/min, würde $t_1' = 30\text{ min} \times 4 = 120$ Min. geliefert haben.

Den Abstand s, wo die gegebene Tiefe $h_0' = 0{,}01$ m am Ende des Regens vorhanden ist, berechnet man nach (32), indem man in diese Formel $t_0' = 0$ einsetzt, dann ist:

$$s = \frac{k\sin\alpha}{\Delta_0\cos\alpha}(h'^2)_{t_0'=0} = \frac{k}{\Delta_0\operatorname{tg}\alpha} h_0'^2 = \frac{100 \cdot 10^{-4}\sqrt{3}}{3^{-1} \cdot 10^{-4} \cdot 3} =$$
$$= 100 \cdot \sqrt{3} = 173{,}21\text{ m.}$$

Wir müssen hier noch eine Sonderheit unserer Lösung hervorheben: h_1' ist auch von dem Anfangsmoment t_0' der Senkung abhängig, was bei Lueger nicht der Fall ist.

3. Ausdruck der Geschwindigkeiten der verschiedenen Abflußformen nach dem Ende des Regens.

Die Bewegungsgleichung des Wellengipfels folgt aus (32), indem man in ihr

$$(h')_{t_0'=0} = h_0 = \Delta_0\cos\alpha \cdot \tau_0 \text{ bzw. } (h_0')_{t_0'=0} = \Delta_0\cos\alpha \cdot \tau_0(1-\varepsilon)$$

setzt, welche Größe die Tiefe des Stromes unter dem Wellengipfel bedeutet; dann hat man:

$$X_B = \frac{k\sin\alpha \cdot h_0^2}{\Delta_0} = 2k\sin\alpha\cos\alpha \cdot h_0 t'. \quad (34)$$

Die horizontale Projektion der Schnelligkeit des Wellengipfels ist:

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)_B = 2k\sin\alpha\cos\alpha \cdot h_0 = k\sin 2\alpha \cdot h_0, \quad (35)$$

also sie ist konstant für undurchlässigen Boden.

Wollen wir jetzt die Geschwindigkeit eines Wasserteilchens bestimmen, das vor dem Punkte B sich befindet. Diese ist:

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)_{BC} = v\cos\alpha = k\sin\alpha \cdot h_0\cos\alpha = k \cdot h_0 \frac{\sin 2\alpha}{2}, \quad (36)$$

folglich auch eine konstante Größe.

Jetzt kann man sehen, daß der Wellengipfel das Wasserteilchen einholt und überholt, und daß das Wasserteilchen nachher in die gestörte Bewegungsform hinter dem Gipfel B gerät, wo es sich mit einer anderen Geschwindigkeit bewegt, zu deren Bestimmung wir übergehen.

Man hat die Ausdrücke

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)_{AB} = v_x = v\cos\alpha = (kh'\sin\alpha)\cos\alpha = kh'\sin\alpha \cdot \cos\alpha$$

und

$$X_{AB} = \frac{k\sin\alpha \cdot h'^2}{\Delta_0} + 2k\sin\alpha\cos\alpha \cdot h't'$$

laut (32). Aus dem ersten folgt:

$$h' = \frac{v_x}{k\sin\alpha\cos\alpha}, \quad h'^2 = \frac{v_x^2}{k^2\sin^2\alpha\cos^2\alpha};$$

$$\frac{k\sin\alpha \cdot h'^2}{\Delta_0} = \frac{k\sin\alpha}{\Delta_0} \cdot \frac{v_x^2}{k^2\sin^2\alpha\cos^2\alpha} = \frac{v_x^2}{\Delta_0 k\sin\alpha\cos^2\alpha}.$$

Folglich wird (32) zu:

$$\frac{v_x^2}{\Delta_0 k\sin\alpha\cos^2\alpha} + 2v_x t' - X_{AB} = 0. \quad (37)$$

Wir setzen einstweilen $\frac{1}{\Delta_0 k\sin\alpha\cos^2\alpha} = a$ und gelangen zu der Gleichung: $av_x^2 + 2v_x t' - X_{AB} = 0$. (37 bis).

Differenzieren wir diese Gleichung nach v_x, so erhalten wir: $2av_x \cdot dv_x + 2t'dv_x + 2v_x \cdot dt' - dx_{AB} = 0$; $dx_{AB} = v_x \cdot dt$ und:

$$2av_x \cdot dv_x + 2t'dv_x + 2v_x \cdot dt' - v_x \cdot dt' = 2(av_x + t')dv_x + v_x dt' = 0.$$

Wir setzen $t' = zv_x$ und gelangen zu:

$$dt' = v_x dz + z dv_x;$$

folglich:

$$2(av_x + zv_x)dv_x + v_x(v_x dz + z dv_x) =$$
$$= 2v_x(a + z)dv_x + v_x(v_x dz + z dv_x) = 0;$$

$v_x = 0$ stellt eine mathematische Lösung von (37 bis) vor, die keinen praktischen Wert hat. Der Wert von v_x, der uns interessiert, ist enthalten in:

$$2(a + z)dv_x + v_x dz + z dv_x = (2a + 3z)dv_x + v_x dz = 0;$$

$$2(a + 3z)dv_x = -v_x dz; \quad \frac{dv_x}{v_x} = \frac{-dz}{2a + 3z};$$

$$dln v_x = -\frac{1}{3} dln(2a + 3z); \quad ln v_x = ln\sqrt[3]{\frac{C'}{2a + 3z}};$$

$$v_x = \sqrt[3]{\frac{C'}{2a + 3z}}, \quad v_x^3 = \frac{C'}{2a + \frac{3t'}{v_x}} = \frac{C'v_x}{2av_x + 3t'};$$

$$v_x^2 = \frac{C'}{2av_x + 3t'} = \frac{C'}{\frac{2v_x}{\Delta_0 k\sin\alpha\cos^2\alpha} + 3t'} =$$

$$= \frac{C'\Delta_0 k\sin\alpha\cos^2\alpha}{2v_x + 3\Delta_0 k\sin\alpha\cos^2\alpha \cdot t'} = \frac{C}{2v_x + 3\Delta_0 k\sin\alpha\cos^2\alpha \cdot t'}. \quad (38)$$

Nachdem die Funktion $v_x = f(t')$ an Hand der Gleichung (38) gefunden ist, kann man die Aufgabe

Luegers auf eine andere Art und Weise lösen. Beim Lösen dieser Aufgabe hatte man an einem bestimmten Stromquerschnitt festgehalten, indem x konstant gezählt wurde. Jetzt kann man der Bewegung eines bestimmten Stromquerschnittes folgen und die Aenderungen der Stromtiefe h' verfolgen. Wir beschränken uns hier darauf, die Lösungsart in ganz allgemeinen Zügen anzudeuten. An Hand von (38) findet man $x = \varphi(t')$, nachdem man v_x durch $\frac{dx}{dt'}$ ausgedrückt hat. Die Gleichung (38) gibt aber $x = \psi(h't')$. Das Ausschließen von x aus den beiden letzten Ausdrücken liefert die nötige Lösung.

4. Eigenschaften der Gleichung (38).

Wenn man $t' = 0$ setzt (am Ende des Regens), so hat man: $(v_x^2)_{t_0'=0} = \frac{C}{2(v_x)_{t'_0=0}}$, woraus folgt:

$$C = 2(v_x^3)_{t_0'=0} = 2\,v_{0x}^3 = 2\left(\frac{dx}{dt}\right)^3_{AB\;t=t_0} = 2\left(\frac{k\Delta_0 \sin 2\alpha \cdot t}{4}\right)^3_{t=t_0}$$

$$[\text{laut (23)}] = 2\left(\frac{k\,\Delta_0 \sin 2\alpha \cdot t_0}{4}\right)^3.$$

Diese Geschwindigkeit wird für ein Wasserteilchen gelten, das am Ende des Regens mit dem Wellengipfel zusammenfällt, wobei $t_0 = \tau_0$ ist. Für Wasserteilchen, die auf den Bassinrand, später, nach dem Anfang des Regens, gefallen sind, ist t_0 veränderlich und man kann für dieselben $t_0 = t$ setzen, wo t die Zeit bedeutet, die vom Momente des Niederfallens des Regentropfens auf den Bassinrand bis zum Ende des Regens verflossen ist, die natürlich veränderlich ist und die dem t der Gleichungen (22) und (23) gleichgesetzt werden kann. Folglich ist die Anfangsgeschwindigkeit der Teilchen der Strecke AB keine konstante Größe, sondern sie ist von dem Momente (t Zeiteinheiten vor dem Ende des Regens) des Niederfallens des gegebenen Wasserteilchens auf den Bassinrand abhängig.

Nun ist:

$$v_x^2 = \frac{2\left(\frac{k\Delta_0 \sin 2\alpha \cdot \cos\alpha \cdot t_0}{4}\right)^3}{2v_x + 3\Delta_0 k \sin\alpha \cos^2\alpha \cdot t'} = \frac{(k\Delta_0 \sin 2\alpha \cdot \cos\alpha \cdot t_0)^3}{16(4v_x + 3k\Delta_0 \sin 2\alpha \cos\alpha \cdot t')} =$$

$$= \frac{(bt_0)^3}{16(4v_x + 3bt')} \tag{39}$$

wenn man: $b = k\Delta_0 \sin 2\alpha \cos\alpha$ setzt, so kann (39) auch in der Form $64\,v_x^3 + 48bt'v_x^2 - (bt_0)^3 = 0$ geschrieben werden

Wenn man diese Gleichung differenziert, so hat man

$$192\,v_x^2 dv_x + 48b\,v_x^2 dt' + 96b\,v_x t' \cdot dv_x = 0,$$

oder

$$4v_x^2 dv_x + bv_x^2 dt' + 2bt' v_x dv_x = 0.$$

Eine der Lösungen dieser Gleichung, die übrigens keinen praktischen Wert hat, ist $v_x = 0$. Wenn man diese Lösung ausschließt, so gelangt man zu:

$$4v_x dv_x + bv_x dt' + 2bt' dv_x = 0, \quad 2(2v_x + bt')dv_x + bv_x dt' = 0$$

$$\frac{dv_x}{dt'} = -\frac{bv_x}{2(2v_x + bt')}. \tag{40}$$

Diese Ableitung ist immer negativ. Die Wurzel der Gleichung (40) $\frac{dv_x}{dt'} = 0$, die den maxima oder minima der Funktion entspricht, ist $v_x = 0$ und $t' = \infty$. Dies bedeutet, daß die t'-Linie, die Asymptote der Kurve $v_x = f(t')$ ist, oder daß die Wasserteilchen sich ewig bewegen, wenn die dazu nötigen Verhältnisse (unbegrenzte geneigte Ebene) vorhanden sind.

II. Der Boden ist durchlässig und es versickert die Menge w_0, bezogen auf die Einheit der Oberfläche und der Zeit, $\Delta_0 = 0$.

$$[(\Delta_n)_{\Delta_0=0} = (\Delta_0 - w_0)_{\Delta_0=0} = -w_0].$$

1. Die Grundgleichungen (15) und (18 bis) liefern jetzt:

$$h' = -w_0 \cos\alpha \cdot t' + C_1 \quad \text{oder} \quad h' + w_0 \cos\alpha \cdot t' = C_1 \tag{41}$$

und:

$$x = -\frac{k\sin\alpha \cdot h'^2}{w_0} + C_2 \quad \text{oder} \quad x + \frac{k\sin\alpha}{w_0} h'^2 = C_2. \tag{42}$$

Die Anfangsbedingungen sind:

laut (41): $(C_1)_{t_0'=0} = (h')_{t_0'=0} + (w_0 \cos\alpha \cdot t')_{t_0'=0} = (h')_{t_0'=0}$;

laut (42): $(C_2)_{t_0'=0} = (x)_{t_0'=0} + \frac{k\sin\alpha}{w_0} \cdot (h'^2)_{t_0'=0}$.

Für das Ende des Regens gelten:

laut (15): $(h)_{t=t_0} = (\Delta_n t \cos\alpha)_{t=t_0} = \Delta_n t_0 \cos\alpha$;

laut (18 bis): $(x)_{t=t_0} = \frac{k\sin\alpha}{\Delta_n}(h^2)_{t=t_0}$.

Nun aber ist $(x)_{t=t_0} = (x)_{t_0'=0}$ und $(h)_{t=t_0} = (h')_{t_0'=0}$ und deshalb gelangt man zu dem System der Gleichungen:

$$(h)_{t_0'=0} = (C_1)_{t_0'=0} \text{ (41 bis)},$$

$$(x)_{t_0'=0} + \frac{k\sin\alpha}{w_0}(h'^2)_{t_0'=0} = (C_2)_{t_0'=0}; \text{ (42 bis)}$$

$$(x)_{t'_0=0} = \frac{k\sin\alpha}{\Delta_n}(h'^2)_{t_0'=0} \text{ (18 ter)}.$$

Man kann $(x)_{t_0'=0}$ aus (42 bis) und (18 ter) sofort ausschließen und gelangen zu:

$$\left(\frac{1}{\Delta_n} + \frac{1}{w_0}\right) k\sin\alpha \cdot (h'^2)_{t_0'=0} = (C_2)_{t_0'=0}.$$

Wenn man nun hier $(h')_{t_0'=0}$ aus (41 bis) hineinsetzt, so hat man: $\left(\frac{1}{\Delta_n} + \frac{1}{w_0}\right) k\sin\alpha\ (C_1^2)_{t_0'=0} = (C_2)_{t_0'=0}$, wodurch die willkürliche Funktion $C_2 = \varphi(C_1)$ bestimmt ist.

Dasselbe Verhältnis, das zwischen den Sonderwerten von $(C_1)_{t_0'=0}$ und $(C_2)_{t'=0}$ besteht, besteht auch zwischen C_1 und C_2, bestimmt durch (41) und (42) und daher ist:

$$x + \frac{k\sin\alpha \cdot h'^2}{w_0} = k\sin\alpha \cdot \left(\frac{1}{\Delta_n} + \frac{1}{w_0}\right)(h' + w_0 \cos\alpha \cdot t')^2$$

oder:

$$\frac{x}{k\sin\alpha} = \left(\frac{1}{\Delta_n} + \frac{1}{w_0}\right)(h' + w_0 \cos\alpha \cdot t')^2 - \frac{h'^2}{w_0} \tag{43}$$

Die Gleichung (43) bestimmt die uns bekannte Kurve AB der Stromoberfläche. Man muß noch die Strecke BC bestimmen. Zu diesem Zwecke haben wir:

$$h' + w_0 \cos\alpha \cdot t' = C_1 \text{ (41)}, \qquad h = \Delta_n \cos\alpha \cdot t \text{ (15)}.$$

Die Anfangsbedingung ist dieselbe, nämlich:

$$(h)_{t=t_0} = (h')_{t_0'=0} = \Delta_n \cos\alpha \cdot t_0.$$

Folglich:

$$(C_1)_{t_0'=0} = \Delta_n \cos\alpha \cdot t_0$$

und:

$$h' + w_0 \cos\alpha \cdot t' = \Delta_n \cos\alpha \cdot t_0 = h_0 \tag{44}$$

Der allgemeine Ausdruck von t_0 ist $t_0 = \tau_0(1 - \varepsilon)$.

Die Bewegungsgleichung des Wellengipfels liefert (43), wenn man dort den Wert von h', gegeben durch (44), hineinsetzt. Das Ergebnis ist:

$$\frac{X_B}{k\sin\alpha} = \left(\frac{1}{\Delta_n} + \frac{1}{w_0}\right) h_0^2 - \frac{(h_0 - w_0 \cos\alpha \cdot t')^2}{w_0}. \tag{45}$$

Der Grenzwert von x bekommt man bei

$$h_0 - w_0 \cos\alpha \cdot t_n' = 0,$$

wobei $\frac{X_B}{k\sin\alpha} = \left(\frac{1}{\Delta_n} + \frac{1}{w_0}\right) h_0^2$.

Die Schnelligkeit des Wellengipfels liefert die erste Abgeleitete von X_B nach t' laut der Gleichung (45)

$$\left(\frac{dx}{dt'}\right)_B = 2k\sin\alpha\cos\alpha \cdot (h_0 - w_0 \cos\alpha \cdot t')$$

$$= k\sin 2\alpha \cdot (h_0 - w_0 \cos\alpha \cdot t'). \tag{46}$$

Wie man sich leicht überzeugen kann, wird die Wellenschnelligkeit zu 0 in der Zeit, die gegeben ist durch

$h_0 - w_0 \cos\alpha \cdot t_n' = 0$,

$$t_n' = \frac{h_0}{w_0 \cos\alpha} = \Delta_n \frac{\cos\alpha \cdot \tau_0(1-\varepsilon)}{w \cos\alpha} = \frac{\Delta_n \tau_0}{w_0}(1 - \varepsilon) =$$

$$= \frac{\Delta_0 - w_0}{w_0} \tau_0(1 - \varepsilon) = \left(\frac{\Delta_0}{w_0} \quad 1\right) \tau_0(1 - \varepsilon) \tag{47}$$

2. Bewegung eines Wasserteilchens auf der Strecke BC.

Laut (44) hat man: $h' = h_0 - w_0 \cos\alpha \cdot t'$.

Anderseits ist:

$$v\cos\alpha = k\sin\alpha\cos\alpha \cdot h' = \left(\frac{dx}{dt'}\right)_{BC} =$$

$$= k\sin\alpha\cos\alpha \cdot (h_0 - w_0 \cos\alpha \cdot t'),$$

woraus folgt:

$$dx_{BC} = k\sin\alpha\cos\alpha\cdot(h_0 - w_0\cos\alpha\cdot t')\,dt' =$$
$$= -\frac{k\sin\alpha\cos\alpha}{2w_0\cos\alpha}\,d(h_0 - w_0\cos\alpha\cdot t')^2.$$
$$\int dx_{BC} = x_{BC} = -\frac{k\sin\alpha}{2w_0}\int d(h_0 - w_0\cos\alpha\cdot t')^2 + C =$$
$$= C - \frac{k\sin\alpha}{2w_0}\,d(h_0 - w_0\cos\alpha\cdot t')^2.$$

Im Momente $t_0' = 0$ hat man:

$$(x_{AB})_{t_0'=0} = C - \frac{k\sin\alpha}{2w_0}(h_0 - w_0\cos\alpha\, t')^2_{t_0'=0} = C - \frac{k\sin\alpha}{2w_0}h_0^2,$$

woraus

$$C = (x_{AB})_{t_0'=0} + \frac{k\sin\alpha\cdot h_0^2}{w_0}$$

und

$$x_{BC} - (x_{BC})_{t_0'=0} = \frac{k\sin\alpha}{2w_0}\left[h_0^2 - (h_0 - w_0\cos\alpha\cdot t')^2\right] =$$
$$= \frac{k\sin\alpha\cos\alpha\cdot t'}{2}(2h_0 - w_0\cos\alpha\cdot t') =$$
$$= k\sin 2\alpha\cdot t'(2h_0 - w_0\cos\alpha\cdot t') \quad .\;.\;.\;.\;. \quad (48)$$

Dies ist die Bewegungsgleichung eines Wasserteilchens auf der Strecke BC.

3. Bewegung eines Wasserteilchens auf der Strecke AB. Man hat laut (43):

$$\frac{x}{k\sin\alpha} = \left(\frac{1}{\Delta_n} + \frac{1}{w_0}\right)(h' + w_0\cos\alpha\cdot t')^2 - \frac{h'^2}{w_0}$$

und laut (21)

$$\left(\frac{dx}{dt'}\right)_{AB} = v\cos\alpha = k\sin\alpha\cos\alpha\cdot h' = v_x;\quad h' = \frac{v_x}{k\sin\alpha\cos\alpha};$$
$$\frac{x\cos\alpha}{k\sin\alpha\cos\alpha} =$$
$$= \left(\frac{1}{\Delta_n} + \frac{1}{w_0}\right)\left(\frac{v_x}{k\sin\alpha\cos\alpha} + w_0\cos\alpha\cdot t'\right)^2 - \frac{v_x^2}{w_0k^2\sin^2\alpha\cos^2\alpha}.$$

Setzen wir vorläufig $\frac{1}{k\sin\alpha\cos\alpha} = f\ldots(*)$, dann hat man:

$$f\cos\alpha\cdot x = \left(\frac{1}{\Delta_n} + \frac{1}{w_0}\right)(fv_x + w_0\cos\alpha\cdot t')^2 - \frac{f^2v_x^2}{w_0} =$$
$$= \left(\frac{1}{\Delta_n} + \frac{1}{w_0}\right)(f^2v_x^2 + 2fw_0\cdot\cos\alpha\cdot t'v_x + w_0^2\cos^2\alpha\cdot t'^2) - \frac{f^2v_x^2}{w_0} =$$
$$= \frac{f^2v_x^2}{\Delta_n} + 2f\left(\frac{w_0}{\Delta_n} + 1\right)\cos\alpha\cdot t'v_x + w_0\left(\frac{w_0}{\Delta_n} + 1\right)\cos^2\alpha\cdot t'^2 \quad (49)$$

Setzen wir noch: $\left(\frac{w_0}{\Delta_n} + 1\right) = g$ und differenzieren wir (49) nach t'. Dann hat man:

$$f\cos\alpha\cdot{}_x dt' =$$
$$= \frac{2f^2}{\Delta_n}v_xdv_x + 2fg\cos\alpha\cdot(v_xdt' + t'dv_x) + 2gw_0\cdot\cos^2\alpha\cdot t'dt$$

oder

$$\left.\begin{aligned}&2f\left(\frac{fv_x}{\Delta_n\cos\alpha} + gt'\right)dv_x - [fv_x(1-2g) -\\ &\qquad - 2g\,w_0\cos\alpha\cdot t']dt = 0\ldots\end{aligned}\right\}\ (50)$$

Setzen wir $t' = \frac{f}{\cos\alpha\cdot\Delta_n}uv_x\ldots(\ast\ast)$, wo u eine neue Veränderliche ist. Dann ist $dt' = \frac{f}{\cos\alpha\cdot\Delta_n}(udv_x + v_xdu)$ und (50) verwandelt sich folglich in:

$$2f\left(\frac{fv_x}{\Delta_n\cos\alpha} + \frac{fg}{\cos\alpha\cdot\Delta_n}\cdot uv_x\right)dv_x +$$
$$-\left[fv_x(1-2g) - \frac{2gfw_0}{\Delta_n}uv_x\right]\cdot\frac{f}{\Delta_n\cos\alpha}(udv_x + v_xdu) = 0,$$

oder gekürzt durch

$$\frac{f^2v_x}{\Delta_n\cos\alpha}: 2(1+gu)dv_x - \left[(1-2g) - \frac{2gw_0u}{\Delta_n}\right](udv_x + v_xdu) =$$
$$= \left[2(1+gu) - (1-2g)u + \frac{2gw_0u^2}{\Delta_n}\right]dv_x +$$
$$-\left[(1-2g) - \frac{2gw_0u}{\Delta_n}\right]\cdot v_xdu = 0,$$

oder

$$\left[2 + (4g-1)u + \frac{2gw_0u^2}{\Delta_n}\right]dv_x = \left[(1-2g) - \frac{2gw_0u}{\Delta_n}\right]v_xdu,$$

woraus folgt:

$$\frac{dv_x}{v_x} = \frac{(1-2g) - \frac{2gw_0u}{\Delta_n}}{2 + (4g-1)u + \frac{2gw_0u^2}{\Delta_n}}du \qquad (51)$$

Setzen wir noch:

$$1 - 2g = a = 1 - 2\left(\frac{w_0}{\Delta_n} + 1\right) = 1 - 2\cdot\left(\frac{w_0 + \Delta_n}{\Delta_n}\right) =$$
$$= 1 - 2\left(\frac{w_0 + \Delta_n w_0}{\Delta_n}\right) = 1 - 2\frac{\Delta_0}{\Delta_n};\quad \frac{2gw_0}{\Delta_n} = c = \frac{2\Delta_0 w_0}{\Delta_n^2};$$
$$(4g - 1) = 2b = \frac{4\Delta_0}{\Delta_n} - 1 = \frac{4\Delta_n - \Delta_n}{\Delta_n} =$$
$$= \frac{4\Delta_0 - \Delta_0 + w_0}{\Delta_n} = \frac{3\Delta_0 + w_0}{\Delta_n}.$$

Dann kann man (51) in der Form schreiben:

$$\frac{dv_x}{v_x} = \frac{a - cu}{2 + 2bu + cu^2}du \qquad (52)$$

Das Integral dieser Gleichung ist:

$$\int_{v_{0x}}^{v_x}\frac{dv_x}{v_x} = ln\frac{v_x}{v_{0x}} = \int_{u_0}^{u}\frac{a - cu}{2 + 2bu + cu^2}du =$$
$$= \frac{1}{2}ln\frac{2 + 2bu_0 + cu_0^2}{2 + 2bu + cu^2} + \frac{a + b}{2\sqrt{b^2 - 2c}}\cdot$$
$$\cdot ln\left[\frac{\{\sqrt{b^2 - 2c} - (b + cu)\}\{\sqrt{b^2 - 2c} + (b + cu_0)\}}{\{\sqrt{b^2 - 2c} + (b + cu)\}\{\sqrt{b^2 - 2c} - (b + cu_0)\}}\right], \qquad (53)$$

wenn $b^2 - 2c > 0$,

Wenn man im Gegenteil hätte $2c - b^2 > 0$, dann wäre:

$$ln\frac{v_x}{v_{0x}} = \frac{1}{2}ln\frac{2 + 2bu_0 + cu_0^2}{2 + 2bu + cu^2} +$$
$$+ \frac{a + b}{\sqrt{2c - b^2}}\left\{\operatorname{arc\,tg}\frac{b + cu}{\sqrt{2c - b^2}} - \operatorname{arc\,tg}\frac{b + cu_0}{\sqrt{2c - b^2}}\right\} \qquad (54)$$

Um zu wissen, welches von diesen Integralen Gültigkeit hat, wollen wir den Zahlenwert des Ausdruckes untersuchen.

$$\sqrt{b^2 - 2c} = \sqrt{\frac{(4g-1)^2}{4} - \frac{4gw_0}{\Delta_n}},$$
$$g = \frac{w_0}{\Delta_n} + 1;\quad \frac{w_0}{\Delta_n} = g - 1.$$

Dann ist immer:

$$\sqrt{b^2 - 2c} = \sqrt{\frac{(4g-1)^2}{4} - 4g(g-1)} =$$
$$= \sqrt{\frac{(4g-1)^2}{4} - \frac{16g(g-1)}{4}} = \frac{1}{2}\sqrt{16g^2 - 8g + 1 - 16g^2 + 16g} =$$
$$= \frac{1}{2}\sqrt{8g + 1} > 0$$

und daher hat (53) immer Gültigkeit.

4. Sonderfall: $w_0 = 0$ (Undurchlässiger Boden).

In diesem Falle: $(g)_{w_0=0} = \left(\frac{w_0}{\Delta_n} + 1\right)_{w_0=0} = 1;$
$(a)_{g=1} = (1 - 2g)_{g=1} = -1;$
$(c)_{w_0=0} = \left(\frac{2gw_0}{\Delta_n}\right)_{w_0=0} = 0,\quad (2b)_{g=1} = (4g - 1)_{g=1} = 3.$

Die allgemeine Gleichung nach (53) kann umgeschrieben werden:

$$ln\left(\frac{v_x}{v_{0x}}\right)_{w_0=0} = \frac{1}{2}ln\left(\frac{2 + 2bu_0 + cu_0^2}{2 + 2bu + cu^2}\right)_{\substack{c=0\\2b=3}} + \left(\frac{a + b}{2\sqrt{b^2 - 2c}}\right)_{\substack{a=-1\\2b=3}}$$
$$\cdot ln\left[\frac{\{\sqrt{b^2 - 2c} - (b + cu)\}\{\sqrt{b^2 - 2c} + (b + cu_0)\}}{\{\sqrt{b^2 - 2c} + (b + cu)\}\{\sqrt{b^2 - 2c} - (b + cu_0)\}}\right]_{\substack{c=0\\2b=3}} =$$
$$= \frac{1}{2}ln\frac{2 + 3u_0}{2 + 3u} + \frac{1}{6}ln\left\{\frac{\sqrt{b^2 - 2c} - (b + cu)}{\sqrt{b^2 - 2c} - (b + cu_0)}\right\}_{\substack{c=0\\2b=3}} =$$
$$= \frac{1}{2}ln\frac{2 + 3u_0}{2 + 3u} + \frac{1}{6}ln\frac{0}{0} = \frac{1}{2}ln\frac{2 + 3u_0}{2 + 3u} +$$
$$+ \frac{1}{6}ln\left[\frac{\frac{d}{dc}\{\sqrt{b^2 - 2c} - (b + cu)\}}{\frac{d}{dc}\{\sqrt{b_2 - 2c} - (b + cu_0)\}}\right]_{\substack{c=0\\2b=3}} =$$

$$= \frac{1}{2} ln \frac{2+3u_0}{2+3u} + \frac{1}{6} ln \left\{ \frac{\frac{2}{2\sqrt{b^2-2c}} + u}{\frac{2}{2\sqrt{b^2-2c}} + u_0} \right\}_{\substack{c=0\\2b=3}} =$$

$$= \frac{1}{2} ln \frac{2+3u_0}{2+3u} + \frac{1}{6} ln \frac{2+3u}{2+3u_0} = \frac{1}{6} ln \left\{ \frac{(2+3u_0)^3(2+3u)}{(2+3u)^3(2+3u_0)} \right\} =$$

$$= \frac{1}{6} ln \frac{(2+3u_0)^2}{(2+3u)^2} = \frac{1}{3} ln \frac{2+3u_0}{2+3u} \quad \text{oder } 3 ln \left(\frac{v_x}{v_{ox}}\right)_{w_0=0} =$$

$$= ln \frac{2+3u_0}{2+3u}, \quad \left(\frac{v_x}{v_{ox}}\right)^3 = \frac{2+3u_0}{2+3u}, \quad v_x^3 = \frac{v_{ox}^3(2+3u_0)}{2+3u}.$$

Laut (*) hat man $t' = \frac{f}{\cos\alpha \cdot \Delta_n} u v_x$, woraus folgt:

$$(u)_{w_0=0} = \left(\frac{\cos\alpha \cdot \Delta_n t'}{f v_x}\right)_{w_0=0} = \frac{\Delta_0 \cos\alpha}{f} \cdot \frac{t'}{v_x}.$$

Dann hat man

$$v_x^3 = \frac{v_{ox}^3(2+3u_0)}{2 + \frac{3\Delta_0\cos\alpha}{f} \cdot \frac{t'}{v_x}} = \frac{v_{ox}^3(2+3u_0) f v_x}{2 f v_x + 3\Delta_0 \cos\alpha \cdot t'};$$

$$v_x^2 = \frac{v_{ox}^3(2+3u_0) f}{2 v_x f + 3\Delta_0 \cos\alpha \cdot t'}.$$

Nach (*) hat man $f = \frac{1}{k \sin\alpha \cos\alpha}$ und deshalb ist

$$v_x^2 = \frac{v_{ox}^3(2+3u_0)}{2v_x + 3k\sin\alpha\cos^2\alpha \cdot \Delta_0 t'} = \frac{C}{2v_x + 3k\sin\alpha\cos^2\alpha \cdot \Delta_0 t'} \quad (54)$$

Wie man sieht, ist man zu einer Gleichung gelangt, die ganz identisch mit (38) ist, was vorauszusehen war. Da der Anfangswert von u_0 nach (*) 0 ist, hat man

$$v_x^2 = \frac{2 v_{ox}^3}{2v_x + 3\Delta_0 k \sin\alpha\cos^2\alpha \; t'} \quad (54 \text{ bis})$$

C. Ausdruck für Abflußmengen, die von einem Stromquerschnitte in verschiedenen Abflußstadien abgeführt werden.

Wir beschränken uns hier auf den Fall $w_0 = 0$, $\Delta_n = \Delta^0$ (undurchlässiger Boden).

Der allgemeine Ausdruck für q ist:

$$q = hv = k\sin\alpha \cdot h^2 \quad (55)$$

Für die Strecke AB hat man laut (18 bis) $x = \frac{k\sin\alpha \cdot h^2}{\Delta_0}$.

Unter Heranziehung von (55) hat man $x = \frac{q}{\Delta_0}$, woraus

$$q = \Delta_0 x \quad (56)$$

Für die Strecke BC hat man laut (15): $h = \Delta_0 \cos\alpha \cdot t$; $h^2 = \Delta_0^2 \cos^2\alpha \cdot t^2$;

$$q = k\sin\alpha \cdot h^2 = k\sin\alpha \cdot \Delta_0^2\cos^2\alpha \cdot t^2 =$$

$$= \frac{\Delta_0^2 2k \sin\alpha\cos^2\alpha \cdot t^2}{2} = \frac{\Delta_0 2k\Delta_0 \sin 2\alpha \cdot \cos\alpha \cdot t^2}{4}.$$

Laut (25) bei $\beta = 1$ hat man: $\frac{k\Delta_0 \sin 2\alpha \cos\alpha \cdot t^2}{4} = x$ und daher bekommt man

$$q = \Delta_0 2x = 2\Delta_0 x, \quad (57)$$

d. h. ein Stromquerschnitt sammelt auf einem gleich langen Wege zweimal mehr Wasser auf der Strecke BC als auf AB.

Für die Periode nach dem Regen hat man das System der Gleichungen: $q = vh' = k\sin\alpha \cdot h'^2$ (55), $x = \frac{k\sin\alpha \cdot h'^2}{\Delta_0} + 2k\sin\alpha \cdot \cos\alpha \cdot h't'$ (32),

$$v_x^2 = v^2\cos^2\alpha = \frac{2v_0^3\cos^3\alpha}{2v\cos\alpha + 3\Delta_0 k\sin\alpha\cos^2\alpha \cdot t'}$$

oder

$$v^2 = \frac{2v_0^3}{2v + 3k\Delta_0\sin\alpha\cos\alpha \cdot t'} \quad (54 \text{ bis}).$$

Laut (55) ist: $h' = +\sqrt{\frac{q}{k\sin\alpha}} = q^{\frac{1}{2}} k^{-\frac{1}{2}} \sin^{-\frac{1}{2}}\alpha$,

$v = \frac{q}{h'} = \frac{q k^{\frac{1}{2}} \sin^{\frac{1}{2}}\alpha}{q^{\frac{1}{2}}} = q^{\frac{1}{2}} \cdot k^{\frac{1}{2}} \sin^{\frac{1}{2}}\alpha$. Nun kann (32) in der Form geschrieben werden:

$$x = \frac{q}{\Delta_0} + 2k\sin\alpha\cos\alpha \cdot q^{\frac{1}{2}} \cdot k^{-\frac{1}{2}} \cdot \sin^{-\frac{1}{2}}\alpha \cdot t' =$$

$$= \frac{q}{\Delta_0} + 2k^{\frac{1}{2}} \cdot \sin^{\frac{1}{2}}\alpha \cdot \cos\alpha \cdot q^{\frac{1}{2}} \cdot t',$$

woraus folgt $t' = \frac{\Delta_0 x - q}{2k^{\frac{1}{2}} \Delta_0 \sin^{\frac{1}{2}}\alpha \cdot \cos\alpha \cdot q^{\frac{1}{2}}}$ (32— bis).

(54— bis) liefert:

$$t' = \left(\frac{2v_0^3}{v^2} - 2v\right) \frac{1}{3\Delta_0 k \sin\alpha\cos\alpha} = \frac{2(v_0^3 - v^3)}{3v^2\Delta_0 k\sin\alpha\cos\alpha} =$$

$$= \frac{2k^{\frac{3}{2}} \sin^{\frac{3}{2}}\alpha \cdot \left(q_0^{\frac{3}{2}} - q^{\frac{3}{2}}\right)}{3\Delta_0 q k^2 \sin^2\alpha\cos\alpha} = \frac{2\left(q_0^{\frac{3}{2}} - q^{\frac{3}{2}}\right)}{3\Delta_0 q k^{\frac{1}{2}} \sin^{\frac{1}{2}}\alpha\cos\alpha} \quad (54^{ter})$$

wo q_0 die dem Momente $t' = 0$ entsprechende Anfangsabflußmenge ist.

Wenn man (32— bis) und (54— ter) gleichsetzt, so gelangt man zu

$$\frac{\Delta_0 x - q}{2\Delta_0 k^{\frac{1}{2}} \sin^{\frac{1}{2}}\alpha \cdot \cos\alpha \cdot q^{\frac{1}{2}}} = \frac{2\left(q_0^{\frac{3}{2}} - q^{\frac{3}{2}}\right)}{3\Delta_0 q k^{\frac{1}{2}} \sin^{\frac{1}{2}}\alpha \cdot \cos\alpha},$$

$$\frac{\Delta_0 x - q}{2} = \frac{2\left(q_0^{\frac{3}{2}} - q^{\frac{3}{2}}\right)}{3q^{\frac{1}{2}}},$$

$$3\Delta_0 x q^{\frac{1}{2}} - 3q^{\frac{3}{2}} = 4q_0^{\frac{3}{2}} - 4q^{\frac{3}{2}}, \quad q^{\frac{3}{2}} + 3\Delta_0 x q^{\frac{1}{2}} - 4q_0^{\frac{3}{2}} = 0. \quad (58)$$

Diese Gleichung zeigt, daß $(q)_{x=\infty} = 0$.

Weil immer $\left(\frac{-4q_0^{\frac{3}{2}}}{2}\right)^2 + \left(\frac{3\Delta_0 x}{3}\right)^3 = 4q_0^3 + (\Delta_0 x)^3 > 0$ ist, so besitzt Gleichung (58) immer eine einzige reelle Wurzel, während die zwei übrigen — imaginär sind (s. Hütte, 1. Teil, 1896, S. 53) und die Formel von Cardan ist für die Auffindung der Wurzel von (58) anwendbar. Gesetzt $q^{\frac{1}{2}} = z$ geht die Gleichung (58) in $z^3 - 3\Delta_0 x z - 4q_0^{\frac{3}{2}} = 0$ über.

Für die Strecke BC ist laut (30) $(h')_{t'=0} = h_0'$ und daher ist nach (55) $q = k\sin\alpha \cdot h_0'^2 =$ konstant.

Für den durchlässigen Boden hat man in diesem Falle $q = k\sin\alpha \cdot h'^2 = k\sin\alpha \cdot (h_0 - w_0\cos\alpha \cdot t')^2$. Man sieht, daß q nach

$$t' = \frac{h_0}{w_0 \cos\alpha} \quad (59)$$

Zeiteinheiten verschwindet.

D. Ueber den Begriff der sogenannten Abflußfläche.

Betrachten wir eine ebene geneigte Fläche in Form eines Viereckes, dessen Länge L sei (s. die Abb. 5). Es bilde diese Fläche eine Seite eines symmetrischen Abfluß-

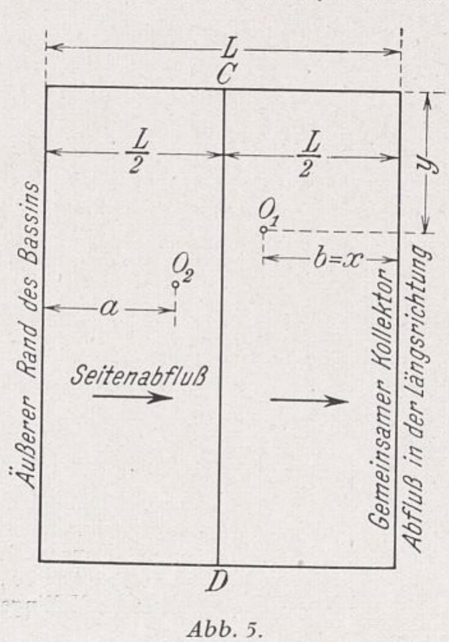


Abb. 5.

bassins. Wollen wir auf dieser ebenen Fläche im Anfangsmomente des Abflusses einen Querschnitt O_1 unterhalb der Linie CD, die das Viereck in zwei gleiche Teile teilt, wählen und wollen wir der Bewegung dieses Querschnittes folgen. Der Wellengipfel, der sich in demselben Momente auf derselben Abflußlinie am Bassinrande befindet, wird den Querschnitt O_1 nicht einholen können, denn O_1 wird die Strecke $b = x_{BC}$ in der Zeit t_1 durchlaufen, die gegeben ist durch die Gleichung (25): $x_{BC} = b = \frac{A t_1^2}{4}$. Der Wellengipfel aber wird zum Durchlauf der Strecke L eine Zeit t_2 gebrauchen, die gegeben ist durch (19): $L = x_B = \frac{A t_2^2}{2}$. Damit nun der Wellengipfel das Wasserteilchen O_1 beim Einfluß in den Kollektor nach Durchlauf der Strecken L und b einholen könnte, ist es nötig, daß $t_1 = t_2$ oder $\sqrt{\frac{4b}{A}} = \sqrt{\frac{2L}{A}}$, $b = \frac{L}{2}$ wird, was nicht der Fall ist Wenn am Anfange des Abflusses das Wasserteilchen sich auf der Linie CD befinden würde, so würde es von dem vom Rande kommenden Wellengipfel gerade beim Einfluß in den Kollektor eingeholt werden. Die Linie BC besitzt also die Eigenschaft, daß sie die geneigte Ebene in zwei Teile teilt, von denen die Wasserteilchen des unteren Teiles von dem Wellengipfel nie eingeholt werden können, weshalb die hydraulischen Elemente dieses Teiles immer der Abflußform der Strecke BC angehören. Die Wasserteilchen des oberen Teiles, oberhalb der Linie BC, werden einem gemischten, den Abflußformen AB und BC eigenen Abflußregime folgen.

Die Wassermenge, die von einem unterhalb der Linie CD kommenden Stromquerschnitte getragen wird, berechnet sich für die ganze Zeit laut (57):

$$dQ = 2\Delta_0 x dy \quad \text{und} \quad Q = \Delta_0 \int_t^{t'} x dy. \tag{60}$$

Man sieht nun, daß unter dem Integrale (60) der Ausdruck einer Fläche vorkommt, die ich in meinem Aufsatze [2]) Abflußfläche genannt habe.

Wollen wir nun einen Querschnitt in Betracht ziehen, der im Anfange des Abflusses sich oberhalb der Linie CD, im Punkte O_2 befindet, um a von dem Bassinrande entfernt. Dieses Wasserteilchen wird zwei Abflußformen durchmachen. Wenn es von dem Wellengipfel nach dem Durchlaufe der Strecke x_{BC} eingeholt wird, so ist der ganze Weg des Wellengipfels $a + x_{BC} = \frac{A t_1^2}{2}$, der des Wasserteilchens aber $x_{BC} = \frac{A t_2^2}{4}$. Da beim Einholen die Momente t_1 und t_2 gleich sind, so hat man:

$$x_{BC} = \frac{A t_1^2}{4} = \frac{a + x_{BC}}{2},$$

woraus folgt $a = x_{BC}$. Also nach Durchlauf einer Strecke, die dem Anfangsabstande des Teilchens vom Bassinrande gleich ist, wird das Teilchen vom Wellengipfel eingeholt. Die bis zum Einholungspunkte gesammelte Wassermenge laut (57) ist q (bezogen auf die Breiteinheit des Stromquerschnittes) $= 2\Delta_0 x = 2\Delta_0 a$. Von diesem Momente an wird die Wassermenge dem Gesetze (56) folgen. Der Ueberrest des Weges bis zum Kollektor ist $(L - 2a)$ und die auf diesem Wege gesammelte Wassermenge $(L - 2a)\Delta_0$. Die gemeinsame, auf dem ganzen Abflußwege gesammelte Wassermenge ist $2\Delta_0 a + (L - 2a)\Delta_0 = L\Delta_0$, d. h. diese Wassermenge ist von dem vom Wasserteilchen zurückgelegten Wege unabhängig. Wir sind jetzt der Frage nahe, die Wassermengen, die sich im gemeinsamen Kollektor sammeln, zu bestimmen. Diese Frage hat eine sehr große praktische Bedeutung, und daher wollen wir sie in einem besonderen Aufsatze betrachten.

---

[2]) Essai d'établissement d'une théorie de l'écoulement des eaux pluviales. Acta Universitatis Latviensis T. IV. 1922.

Berichtigung zu Heft 6 (Juni).

Auf S. 154 und 155 müssen die Ueberschriften heißen: Entwurf Fritz Homberger, Stuttgart; Otto Eichert, Ludwigsburg; Konrad Reichardt, Stuttgart (Mitarbeiter Dr.-Ing. Schächterle, Stuttgart); Verkehrsfragen: A. Klein, Eßlingen-Nellingen.